



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN  
MOTORES

TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA  
DE LA REVERSA DEL MOTOR CFM56-5A PARA LOS  
ESTUDIANTES DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE  
TECNOLOGÍAS

AUTOR: ZUMBA PONCE OSCAR JAVIER

DIRECTOR: Tlg. Nauñay Maritza

Latacunga

2015

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE  
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS  
MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES  
CERTIFICADO**

Tlg. Maritza Nauñay

**CERTIFICA**

Que el trabajo titulado **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA DE LA REVERSA DEL MOTOR CFM56-5A PARA LOS ESTUDIANTES DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”**, realizado por Oscar Javier Zumba Ponce, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, en el reglamento de los Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Debido a que se trata de un trabajo de investigación recomiendo su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizo a Oscar Javier Zumba Ponce que lo entregue a la Ing. Lucía Guerrero Rodríguez, en su calidad de Directora de la Carrera de Mecánica Aeronáutica.

---

Tlg. Maritza Nauñay

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Latacunga, mayo de 2015

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE  
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS  
MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES  
DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Yo, OSCAR JAVIER ZUMBA PONCE

DECLARO QUE:

El proyecto de grado **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA DE LA REVERSA DEL MOTOR CFM56-5A PARA LOS ESTUDIANTES DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”** ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo de su contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

---

Oscar Javier Zumba Ponce

060405350-4

**AUTOR DEL PROYECTO**

Latacunga, mayo de 2015

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE  
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS  
MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES  
AUTORIZACIÓN**

Yo, Oscar Javier Zumba Ponce

**AUTORIZO A:**

La Unidad de Gestión de Tecnologías sustentada en la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE la publicación en la biblioteca virtual y física de la institución el trabajo, **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA DE LA REVERSA DEL MOTOR CFM56-5A PARA LOS ESTUDIANTES DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

---

Oscar Javier Zumba Ponce

060405350-4

**AUTOR DEL PROYECTO**

Latacunga, mayo de 2015

## DEDICATORIA

A Dios por derramar bendiciones sobre mí, ya que ha sabido guiarme por el buen camino y me ha dado la fuerza necesaria para vencer todos los obstáculos que se me han presentado.

A mis padres que han sido el pilar fundamental para poder llegar a esta instancia en mis estudios, pues siempre están presentes con su esfuerzo y sacrificio en cada momento de mi vida.

A mi hermana quien siempre esta con una frase de ánimo en mis momentos más difíciles y principalmente a mi sobrina Dannita que desde su llegada a cambiado el sentido de mi vida y me obliga a ser mejor para ser un ejemplo para ella.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por ser una guía en mi camino

A mi madre Laila que con su amor a lo largo de mi vida ha sabido corregir mis fallas y celebrar mis logros, sin usted no hubiese podido culminar mi carrera.

A mi padre Ramiro quien me ha inculcado la perseverancia y valor, enseñándome a ser fuerte en la vida, a entregarme por completo cuando realice una actividad.

A mi hermana Andrea porque cuando este sueño parecía desfallecer está allí con su genio, alentándome a que siga.

A mi sobrina Dannita por estos años de felicidad en mi vida.

A mi novia Yomaira por su fe en mí, su comprensión y ayuda en todo este tiempo.

A mis maestros y tutora de tesis quienes no desistieron en enseñarme y guiarme durante mi vida estudiantil y a lo largo de este trabajo.

A mis familiares y amigos quienes me apoyaron en este arduo proceso, un eterno Dios les pague, M. Rosita, Julio, Josué, Ronald y todos los que estuvieron presentes estos años.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO.....	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	III
AUTORIZACIÓN.....	IV
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIII
RESUMEN.....	XV
SUMARY .....	XVI
CAPÍTULO I.....	1
EL TEMA .....	1
1.1. ANTECEDENTES .....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	2
1.4. OBJETIVOS .....	3
1.4.1. General .....	3
1.4.2. Específicos:.....	3
1.5. ALCANCE.....	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO .....	5
2.1. TERCERA LEY DE NEWTON.....	5
2.2. MOTOR AERONÁUTICO.....	5
2.2.1. Motores a reacción.....	6
2.3. MOTOR CFM56-5.....	8
2.3.1. Descripción .....	8
2.3.2. Componentes del CFM56-5A.....	10

2.4.	REVERSA .....	11
2.5.	TIPOS DE REVERSA.....	12
2.5.1.	Clamshell Doors.....	13
2.5.2.	Bucket Doors .....	13
2.5.3.	Cold Stream Reverser.....	14
2.5.4.	Pivoting Blockers Doors .....	14
2.6.	REVERSA DEL MOTOR CFM 56-5A .....	15
2.6.1.	Control de la reversa.....	15
2.6.2.	Componentes de la reversa .....	19
CAPÍTULO III.....		20
DESARROLLO DEL TEMA .....		20
3.1.	PRELIMINARES .....	20
3.2.	DIMENSIONES .....	20
3.2.1.	Dimensiones reales del motor.....	21
3.2.2.	Dimensiones de la maqueta.....	21
3.2.3.	Dimensiones del soporte.....	21
3.3.	ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCIÓN .....	21
3.4.	SELECCIÓN DE MEJOR ALTERNATIVA .....	23
3.5.	DIAGRAMA ELÉCTRICO DE LA LUZ DE INDICACIÓN.....	23
3.6.	DIAGRAMA NEUMÁTICO .....	24
3.7.	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL .....	25
3.8.	CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUETA DIDÁCTICA .....	25
3.8.1.	Construcción del molde del motor.....	26
3.8.2.	Aplicación de la fibra de vidrio .....	27
3.8.3.	Aplicación de masilla.....	28
3.8.4.	Corte de las compuertas de la reversa Pivoting Blocker Doors .....	29
3.8.5.	Construcción del sistema de apertura de las compuertas.....	29
3.8.6.	Construcción de soportes e instalación de los cilindros neumáticos.....	31
3.8.7.	Construcción e instalación de toberas de escape.....	32
3.8.8.	Pintado.....	34

3.8.9.	Construcción del soporte .....	35
3.8.10.	Montaje del motor sobre el soporte.....	37
3.8.11.	Instalación neumática .....	38
3.8.12.	Luz de indicación de la reversa.....	39
3.9.	CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS, HERRAMIENTAS Y MATERIALES .....	40
3.10.	DIAGRAMA DE PROCESOS .....	42
3.10.1.	Diagrama de proceso del molde para el motor .....	43
3.10.2.	Diagrama de proceso de la aplicación de la fibra .....	45
3.10.3.	Diagrama de proceso de la aplicación de masilla plástica .....	46
3.10.4.	Diagrama de proceso del corte de las compuertas de la reversa Pivoting Blocker Doors.....	47
3.10.5.	Diagrama de proceso de la construcción del sistema de apertura de las compuertas.....	48
3.10.6.	Diagrama de proceso de la construcción de soportes e instalación de los cilindros neumáticos .....	50
3.10.7.	Diagrama de proceso de la construcción e instalación de toberas de escape.....	52
3.10.8.	Diagrama de proceso del pintado .....	54
3.10.9.	Diagrama de proceso de la construcción del soporte .....	56
3.10.10.	Diagrama de proceso del montaje del motor sobre el soporte´ .....	57
3.10.11.	Diagrama de proceso de la instalación neumática.....	59
3.10.12.	Diagrama de proceso de la luz de indicación de la reversa .....	60
3.10.13.	Diagrama del proceso completo .....	62
3.11.	PRUEBAS OPERACIONALES .....	63
3.11.1.	Objetivo.....	63
3.11.2.	Alcance .....	63
3.11.3.	Pruebas realizadas .....	63
3.11.4.	Conclusiones .....	64
3.12.	MANUAL DE USO, MANTENIMIENTO Y HOJAS DE REGISTRO.....	64
3.12.1.	Manual de operación.....	64
3.12.2.	Manual de mantenimiento.....	65
3.13.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	74

CAPÍTULO IV.....	77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
4.2. CONCLUSIONES .....	77
4.3. RECOMENDACIONES.....	77
GLOSARIO .....	78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXOS.....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Interacción de las leyes de Newton con la aviación .....	5
<b>Figura 2.</b> Turborreactor de compresor axial simple.....	7
<b>Figura 3.</b> Turborreactor de doble compresor axial .....	7
<b>Figura 4.</b> Motor CFM56-5A.....	8
<b>Figura 5.</b> Datos del motor CFM 56-5A .....	9
<b>Figura 6.</b> Secciones del motor.....	11
<b>Figura 7.</b> Funcionamiento de la reversa.....	12
<b>Figura 8.</b> Clamshell Doors.....	13
<b>Figura 9.</b> Bucket Doors .....	13
<b>Figura 10.</b> Cold stream reverser.....	14
<b>Figura 11.</b> Pivoting Blocker Doors.....	14
<b>Figura 12.</b> Thrust reverser fan airflow stow .....	15
<b>Figura 13.</b> Thrust reverser fan airflow deploy.....	16
<b>Figura 14.</b> Esquema del sistema de reversa.....	18
<b>Figura 15.</b> Esquema eléctrico.....	23
<b>Figura 16.</b> Esquema neumático sin accionamiento.....	24
<b>Figura 17.</b> Esquema neumático con accionamiento.....	24
<b>Figura 18.</b> Corte de patrones para molde .....	26
<b>Figura 19.</b> Patrones en el eje .....	26
<b>Figura 20.</b> Molde para el motor listo.....	27
<b>Figura 21.</b> Molde con la fibra de vidrio .....	28
<b>Figura 22.</b> Aplicación de masilla.....	28
<b>Figura 23.</b> Compuertas marcadas y cortadas .....	29
<b>Figura 24.</b> Sistema de apertura con la varilla y la placa.....	30

<b>Figura 25.</b> Fibra y masillado en las compuertas.....	30
<b>Figura 26.</b> Construcción de soportes e instalación de los cilindros neumáticos.....	31
<b>Figura 27.</b> Corte de tol .....	32
<b>Figura 28.</b> Conos para las toberas .....	32
<b>Figura 29.</b> Ejes en el motor .....	33
<b>Figura 30.</b> Centrado de toberas de escape .....	33
<b>Figura 31.</b> Motor listo para ser pintado.....	34
<b>Figura 32.</b> Motor pintado .....	34
<b>Figura 33.</b> Corte de tubo para soporte .....	35
<b>Figura 34.</b> Esmerilando partes soldadas .....	36
<b>Figura 35.</b> Soporte listo para ser pintado .....	36
<b>Figura 36.</b> Soporte terminado.....	37
<b>Figura 37.</b> Bases para asentar el motor .....	37
<b>Figura 38.</b> Motor sobre las bases.....	38
<b>Figura 39.</b> Instalación neumática .....	39
<b>Figura 40.</b> Luz de indicación de la reversa.....	39

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dimensiones del motor CFM56-5A .....	21
Tabla 2. Dimensiones de la maqueta.....	21
Tabla 3. Dimensiones de soporte .....	21
Tabla 4. Análisis de construcción en fibra de vidrio .....	22
Tabla 5. Análisis de construcción en aluminio .....	22
Tabla 6. Evaluación de las alternativas de construcción.....	22
Tabla 7. Codificación de máquinas .....	40
Tabla 8. Codificación de herramientas.....	40
Tabla 9. Codificación de materiales .....	41
Tabla 10. Simbología .....	42
Tabla 11. Proceso del molde para el motor .....	44
Tabla 12. Proceso de aplicación de fibra .....	46
Tabla 13. Proceso de la aplicación plástica .....	47
Tabla 14. Diagrama de proceso de corte de las compuertas.....	47
Tabla 15. Diagrama de proceso de la construcción del sistema de apertura de las compuertas.....	49
Tabla 16. Diagrama de proceso de la construcción de soportes e instalación de los cilindros neumáticos .....	51
Tabla 17. Diagrama de proceso de la construcción e instalación de toberas de escape .....	53
Tabla 18. Diagrama del proceso de pintado .....	55
Tabla 19. Diagrama de proceso de la construcción del soporte .....	57
Tabla 20. Diagrama de proceso del montaje del motor sobre el soporte .....	58
Tabla 21. Diagrama de proceso de la instalación neumática.....	60
Tabla 22. Diagrama de proceso de la luz de indicación de la reversa .....	61

Tabla 23. Pruebas funcionales.....	63
Tabla 24. Pruebas operacionales .....	64
Tabla 25. Costos primarios .....	74
Tabla 26. Costos secundarios.....	75
Tabla 27. Costos Terciarios .....	76
Tabla 28. Costo total.....	76

## RESUMEN

Una de las carreras de La Unidad de Gestión de Tecnologías es Mecánica Aeronáutica, misma que cuenta con laboratorios y talleres debidamente equipados para el desarrollo de prácticas de los estudiantes, complementando así su aprendizaje. Habiendo realizado una investigación, de manera particular el taller denominado bloque 42, se ha llegado a la conclusión que posee algunos tipos de reversa, pero habiendo más tipos en aviación mayor, existe la necesidad de implementar la maqueta de la reversa antes mencionada dando de esta manera un conocimiento del accionamiento de este tipo de reversa. La reversa del motor CFM56-5A es una reversa tipo pétalos la cual es accionada hidráulicamente, ayudando al frenado del avión al momento de aterrizar; la maqueta didáctica de la reversa de este motor será accionada neumáticamente dirigiendo el aire comprimido a los cilindros neumáticos que accionarán las compuertas, la maqueta fue realizada en su mayoría con fibra de vidrio, y en determinados componentes con tol ayudando así a que tenga mucha semejanza con el motor real.

Con esta maqueta didáctica se quiere ayudar a los técnicos, estudiantes y docentes en su proceso de enseñanza – aprendizaje.

Palabras claves:

- **INVESTIGACIÓN**
- **MOTOR**
- **REVERSA TIPO PETALOS**
- **HIDRÁULICA**
- **NEUMÁTICA**

## SUMARY

The Unidad de Gestión de Tecnologías offers Aeronautical Mechanics careers, equipped with laboratories and workshops for the development of students' practices, complementing their learning. A research was performed at the Building 42 workshop, concluding that it has some types of thrust reverser, but it also has another major aviation types, there is the need to implement the model the above-mentioned thrust reverser giving knowledge of such reverse actuating. CFM56-5A engine reverse is a petal type reverser which is driven hydraulically, helping to brake the aircraft when landing; the reverse teaching model of this engine will be activated pneumatically directing compressed air to the pneumatic cylinders that will trigger the gate, the model was done mostly with fiberglass, and specific components made with steel sheet, so it be similar to real engine.

This didactic model will help technicians, students and teachers in their teaching - learning.

### KEYWORDS:

- **RESEARCH**
- **ENGINE**
- **REVERSE TYPE PETALOS**
- **HYDRAULIC**
- **PNEUMATIC**

# **CAPÍTULO I**

## **EL TEMA**

### **1.1. Antecedentes**

La Unidad de Gestión de Tecnologías fue creada, para brindar servicios de carácter académico, con carreras tales como Mecánica Aeronáutica, Electrónica, Telemática, Logística y Transporte, Ciencias de la Seguridad, mismo que cuenta con laboratorios y talleres para el desarrollo de prácticas de los estudiantes, de manera particular el taller denominado bloque 42 posee varias maquetas de reversa, habiendo más tipos de reversa.

Teniendo en cuenta además el alto nivel competitivo existente en el campo laboral, se podría mejorar los conocimientos y la familiarización del futuro mecánico aeronáutico con los elementos del motor, ya que se podrían revisar de forma teórica en las aulas y practica en los respectivos laboratorios y talleres de la institución.

La investigación de este tema permitirá desarrollar conocimientos prácticos que complementen las materias de Motores Turbina Teoría, Practicas Tutoriadas Motores Turbina, Escape y Reversa y materias afines a la carrera, con la finalidad de optimizar el correcto aprendizaje y futura manipulación del elemento por parte del mecánico aeronáutico con su perfil profesional.

### **1.2. Planteamiento del Problema**

La Unidad de Gestión de Tecnologías fue creado, para brindar servicios de carácter académico, con carreras tales como Mecánica Aeronáutica mención Motores y Aviones, Electrónica mención Aviónica e Instrumentación, Telemática, Logística y Transporte, Ciencias de la Seguridad, de manera particular en los talleres los estudiantes desarrollan

prácticas, mismos que no cuentan con suficiente material didáctico que facilite la adquisición de habilidades - destrezas y el consiguiente aprendizaje significativo.

Por lo expuesto seguirá la insatisfacción por parte de los docente y estudiantes, además el Instituto no podrá garantizar una educación de calidad exigida por Organismos Reguladores de la Educación Superior.

Por lo que es necesaria la implementación de una maqueta didáctica de la reversa del motor CFM56-5A, que facilite la adquisición de aprendizajes significativos a los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica.

### **1.3. Justificación e Importancia**

La Unidad de Gestión de Tecnologías por su carácter de centro de educación superior está obligado a contar con talleres, laboratorios, debidamente equipados y tecnificados a la par del desarrollo científico tecnológico, para que sus estudiantes puedan desarrollar prácticas y adquirir habilidades y destrezas para facilitar su inserción al ámbito laboral y de manera particular, una maqueta de la reversa del motor CFM56-5A.

Además:

- Que los docentes cuenten con material didáctico adecuado para el desarrollo de prácticas.
- Contar con la suficiente información para dar la cátedra de Escape y Reversa, Motores Turbina Teoría y Práctica Tutoriada Motores Turbina
- Los estudiantes podrán familiarizarse y manipular elementos similares al futuro ámbito laboral.

Se beneficiarán del presente trabajo investigativo docentes y estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica y la institución ya que los estudiantes podrán rendir pruebas de conocimiento que facilitan la acreditación de

planes, programas y carreras ante organismos reguladores de educación superior.

Los resultados se aprovecharán para que la Unidad de Gestión de Tecnologías logre la certificación como centro de educación superior de calidad y reconocido por la sociedad.

Por lo mencionado es importante la implementación de una maqueta de la reversa del motor CFM56-5A, que facilite la adquisición de aprendizajes significativos a los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. General**

Implementar una maqueta didáctica de la reversa del motor CFM56-5A, mediante normas preestablecidas que facilite la adquisición de aprendizajes significativos a los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías.

##### **1.4.2. Específicos:**

- Indagar información bibliográfica sobre la reversa del motor CFM56-5A.
- Analizar alternativa de elaboración de la maqueta didáctica de la reversa del motor CFM56-5A.
- Elaborar la maqueta didáctica de la reversa del motor CFM56-5A.
- Realizar las pruebas correspondientes a la maqueta didáctica implementada en el bloque 42.

## **1.5. Alcance**

El presente trabajo de graduación está enfocado al “Bloque 42” de la carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías, así como los docentes y estudiantes desarrollan las prácticas de los conocimientos adquiridos en el aula, de los equipos y herramientas que facilitan el desarrollo de habilidades y destrezas, se llegara a la implementación de una maqueta didáctica que facilite la formación teórico-práctica. Además servirá de fuente de información y consulta para todas aquellas personas interesadas en el tema.

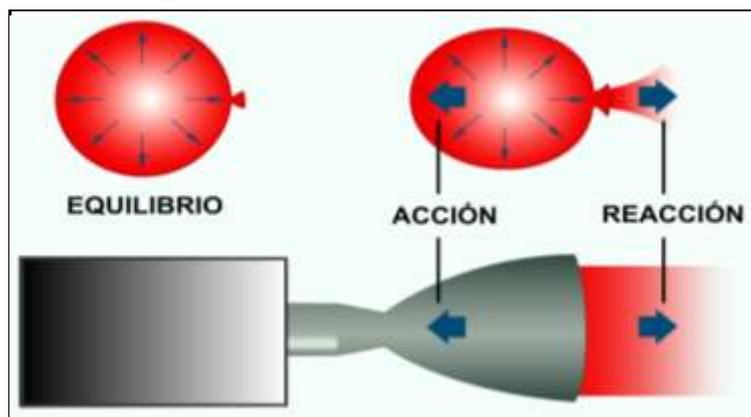
## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Tercera ley de Newton

A toda acción corresponde una reacción de igual intensidad y sentido contrario.

La tercera ley estará presente en una aeronave al momento en que la aeronave tiene movimiento, ya que siempre existirá una fuerza de resistencia al avance del mismo.



**Figura 1.** Interacción de las leyes de Newton con la aviación

**Fuente:** [www.aeroescalas.com](http://www.aeroescalas.com)

#### 2.2. Motor aeronáutico

Un motor aeronáutico o motor de aviación es una máquina que funcionando mediante un ciclo mecánico o termodinámico produce trabajo a costa de la liberación de la energía latente del combustible suministrado, la cual se utiliza para la propulsión de aeronaves mediante la generación de una fuerza de empuje.

Existen distintos tipos de motores de aviación aunque se dividen en dos clases básicas:

- Motores recíprocos o de pistón
- Motores a reacción donde se incluyen las turbinas.

Además existen los motores cohete los cuales son utilizados en la astronáutica.

### **2.2.1. Motores a reacción**

El motor a reacción o motopropulsor es una máquina que transforma directamente la energía del combustible en energía cinética, dando origen al movimiento en el sentido deseado. (Cuesta, 2003)

Los motores a reacción cumplen con el ciclo de Brayton, las etapas de este ciclo son: admisión, compresor, cámaras de combustión, turbina y escape; el principio de funcionamiento está basado en la aplicación de la segunda y tercera ley de Newton, pues el componente principal es la tobera de escape ya que mediante un chorro de gas genera el empuje.

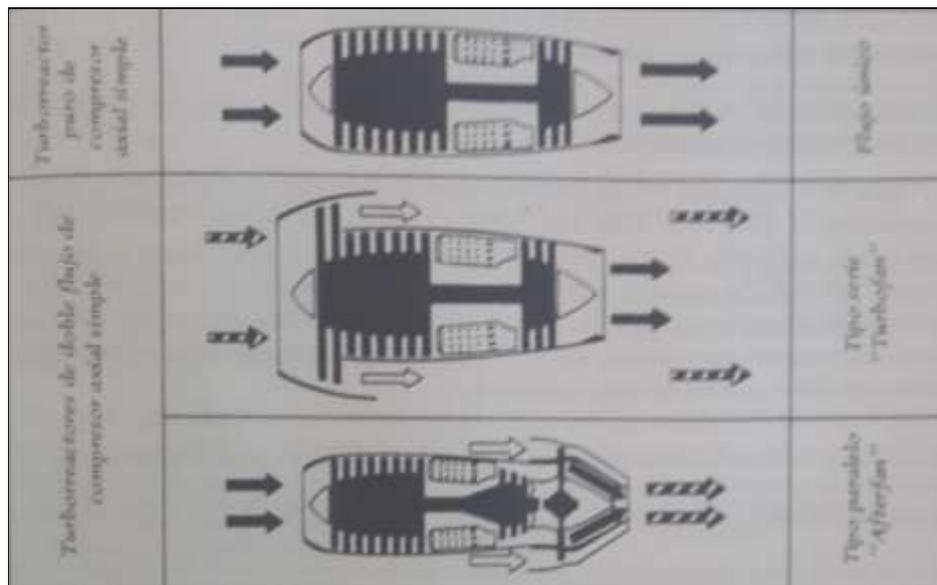
#### **a. Turbofan**

El motor turbofan incluye una gran hélice interna (fan) solamente a una parte del aire que penetra en el motor se lo somete a las mismas transformaciones que en el turboreactor, a este aire se lo denomina flujo primario, mientras que el flujo de aire sobrante se denomina flujo secundario y este es acelerado únicamente por la acción de los alabes de un compresor consiguiendo así un aumento en el empuje.

En este tipo de motores el 80% del empuje se obtiene del flujo secundario mientras el 20% se obtiene del flujo primario, obteniendo así un mayor desarrollo ecológico y auditivo; por lo que son generalmente este tipo

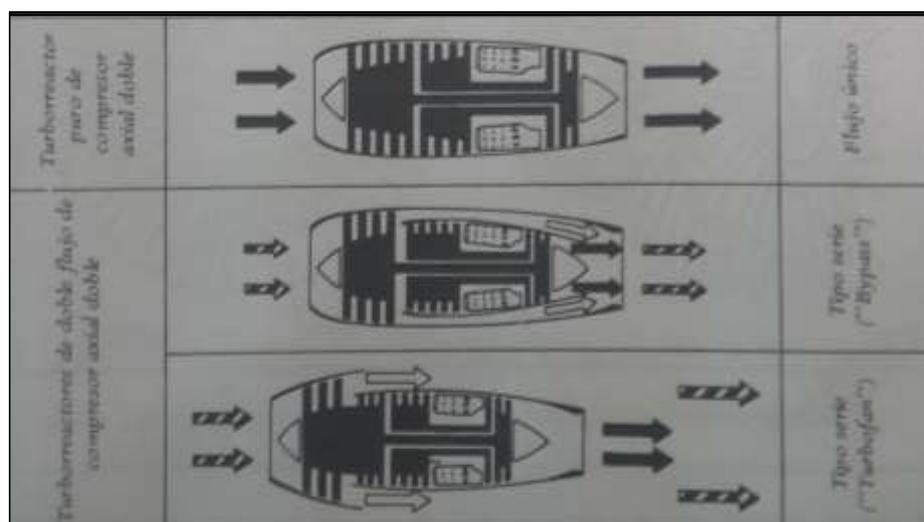
de motores son utilizados en aviones de carga o aviación mayor y vuelan a velocidades transónicas y alcanzan números de Mach 0.8.

Estos motores pueden ser de compresor simple estando en serie (turbofan) y paralelo (afterfan), y también tienen compresor doble que están en serie (bypass) y paralelo (turbofan).



**Figura 2.** Turborreactor de compresor axial simple

**Fuente:** Motores de reacción (Cuesta, 2003)



**Figura 3.** Turborreactor de doble compresor axial

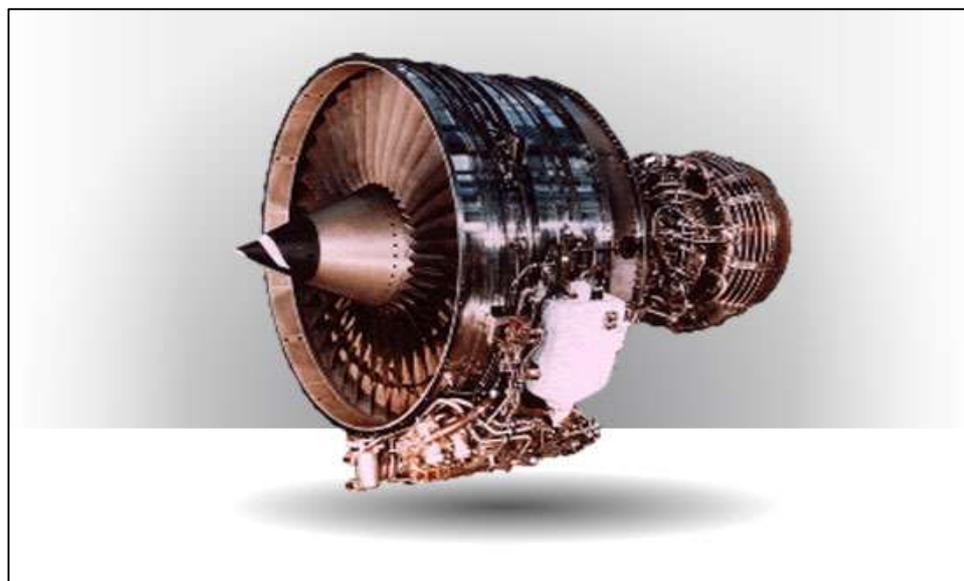
**Fuente:** Motores de reacción (Cuesta, 2003)

## 2.3. Motor CFM56-5

### 2.3.1. Descripción

La familia del motor turbofan CFM-56 es un producto de CFMI (Comercial Fan Motor Internacional). CFM International es una compañía poseída por "General Electric" (GE) de EE.UU. y "Societe Nationale d'Etude et de Construction de Moteurs d'Aviation" (SNECMA) de Francia.

GE produce el compresor de alta presión, cámara de combustión y turbina de alta presión, y SNECMA fabrica el ventilador, caja de cambios, de escape y la turbina de baja presión, mientras que algunos componentes están hechos por Avio de Italia. Los motores están montados por GE en Evendale, Ohio, y SNECMA en Villaroche, Francia. Los motores terminados son comercializados por CFMI.



**Figura 4.** Motor CFM56-5A

**Fuente:** [www.cfmaeroengines.com](http://www.cfmaeroengines.com)

El CFM56 es un motor de turboventilador de alto bypass con diversas variantes que tienen relaciones de derivación que van 05:01 - 06:01,

generando 18.500 a 34.000 lbf de empuje. Las variantes comparten un diseño común, pero difieren en pequeños detalles.

Es un motor de dos ejes, lo que significa que hay dos ejes rotativos, uno de alta presión y una baja presión. Cada una está equipada con su propia sección de la turbina. El ventilador y el refuerzo evolucionado a través de las diferentes iteraciones del motor, al igual que las secciones de compresor, cámara de combustión y la turbina.

El CFM56-5A es el motor que impulsó la entrada de Airbus en el mercado de pasillo único - el A320. Entrando en servicio en 1988, más de 1.100 motores se encuentran en la actualidad con más de 40 millones de horas de vuelo. El 5A mantiene la fiabilidad de despacho por encima de 99,9%, cuentan con un rango de empuje de 18.000 a 34.000 libras de fuerza.

ENGINE MODEL	5A1	5A3	5A4	5A5
<b>Takeoff Conditions (sea level)</b>				
Max. takeoff (lb)	25,000	26,500	22,000	23,500
Airflow (lb/sec)	852	876	816	842
Bypass ratio	6.0	6.0	6.2	6.2
<b>In-Flight Performance (installed) (35,000 ft - Mach - 0.80 ISA)</b>				
Max climb thrust (lb)	5,260	5,260	5,260	5,260
Overall pressure ratio at max. climb	31.3	31.3	31.3	31.3
Max. cruise thrust (lb)	5,000	5,000	5,000	5,620
<b>Engine Characteristics</b>				
Length (in)	95.4	95.4	95.4	95.4
Fan diameter (in)	68.3	68.3	68.3	68.3
Basic dry weight (lb)	4,995	4,995	4,995	4,995
Applications:	A320	A320	A319	A319

**Figura 5.** Datos del motor CFM 56-5A

**Fuente:** [www.cfmaeroengines.com](http://www.cfmaeroengines.com)

### **2.3.2. Componentes del CFM56-5A**

#### **a. Sección de admisión**

Cuenta con un ventilador de una sola etapa de un diámetro de 68,3 in, el cual generara aire de entrada al sistema.

#### **b. Sección de compresores y turbinas**

Estas secciones trabajan con dos presiones diferentes las cuales son una de alta y una de baja.

- **Compresor y turbina LP (Baja presión)**

El rotor de baja presión (N1) consiste de un fan frontal (etapa simple) y cuatro etapas del compresor LP (baja presión) conectadas a cuatro etapas de la turbina LP.

- **Compresor y turbina HP (Alta presión)**

El rotor de alta presión (N2) consiste de nueve etapas del compresor HP conectado a una etapa simple de la turbina HP (Alta presión).

#### **c. Sección de combustión**

La cámara de combustión anular es equipada con 20 inyectores principales de combustible y 2 bujías de encendido.

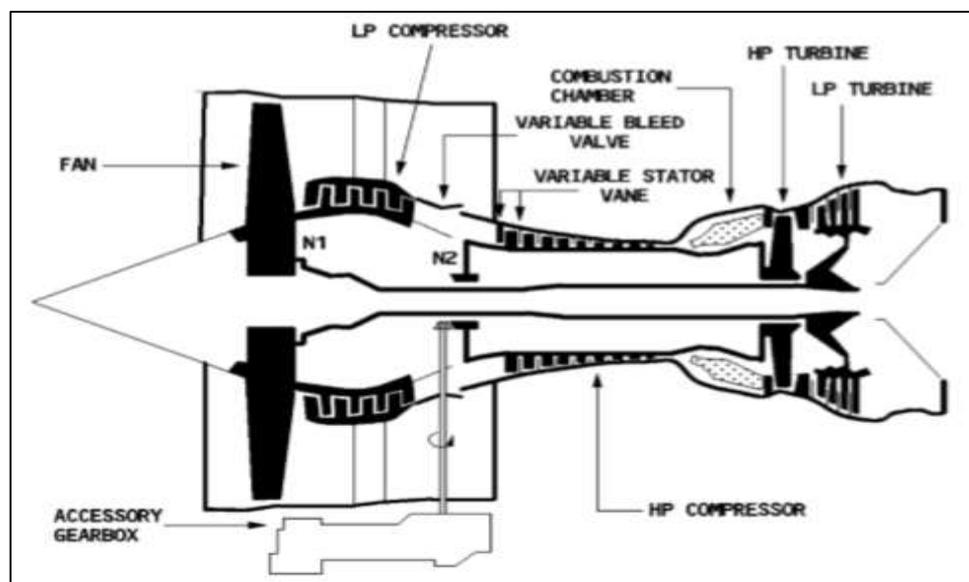
#### **d. Sección de escape**

Tiene una tobera de escape central sin mezclar los flujos pues sólo la alta potencia CFM56-5C, diseñada para el Airbus A340, tiene una tobera de

escape de flujo mixto. El fluido secundario reduce ruido de los aviones en 1,3 decibelios sonoridad percibida en condiciones de despegue.

#### e. Sección de accesorios

Los accesorios de la caja de accesorios, localizada al fondo del case del ventilador que recibe el torque del rotor horizontal HP, transmisión del eje principal del rotor y la transmisión de los accesorios montados en la caja de engranajes.



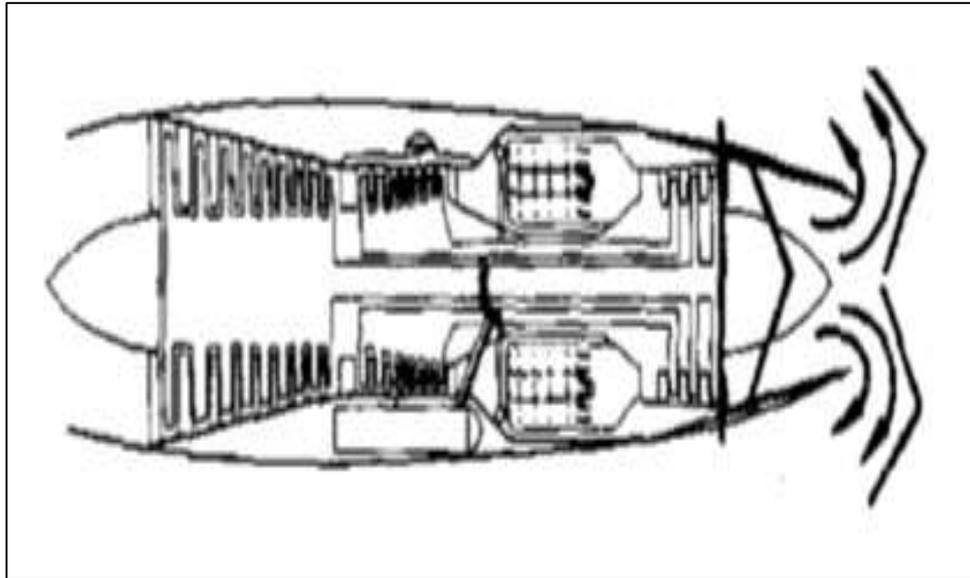
**Figura 6.** Secciones del motor

**Fuente:** Manual de instrucciones de la tripulación de vuelo, motor

#### 2.4. Reversa

El motor de la aeronave es el causante de su avance. Su funcionamiento, descrito de forma sencilla, consiste en tomar aire y acelerar este flujo hacia la parte trasera. Por acción-reacción aparece una fuerza contraria y el avión avanza. La reversa provoca mecánicamente que este flujo cambie de sentido, es decir, ahora el aire es despedido hacia delante por varios tipos de reversas dependiendo del tipo de motor. Por lo

tanto aparece una fuerza contraria al avance de la aeronave que ayuda a frenarlo.



**Figura 7.** Funcionamiento de la reversa

**Fuente:** Airframe and powerplant mechanics handbook

## 2.5. Tipos de reversa

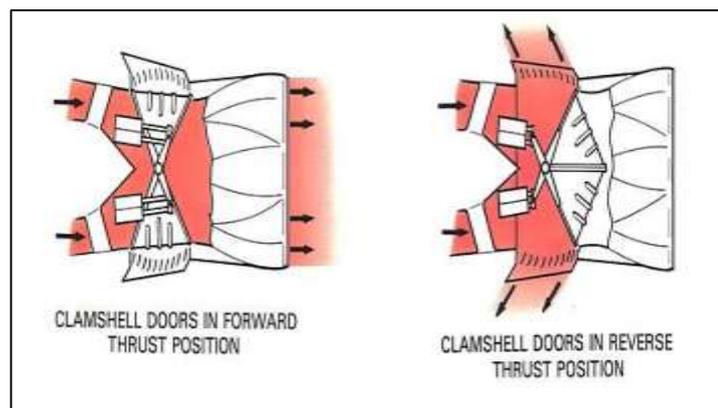
La mayoría de aviones comerciales, tanto a reacción como turbohélices o turbofan, tienen instalado un sistema de inversión del empuje que permite disminuir la distancia de aterrizaje.

Los sistemas de inversión del empuje, thrust reversers o conocidos como reversas funcionan re-direccionando el empuje hacia delante en el momento en que el avión ya está en tierra. Esto se consigue en los motores turbofan re-direccionando el aire del by-pass hacia adelante y/o el chorro caliente hacia adelante.

Hay varios tipos de reversas las cuales varían dependiendo el motor, aunque básicamente es una cuestión de diseño. Pero debemos de tomar en cuenta que el principio de funcionamiento siempre será el mismo.

### 2.5.1. Clamshell Doors

Llamada concha de almeja, Por medio de unas compuertas que deriven el flujo antes de salir del motor, tras atravesar la turbina, de lo contrario el motor se acabaría parando. Este tipo de reversas se encuentran por ejemplo en el boeing 727.

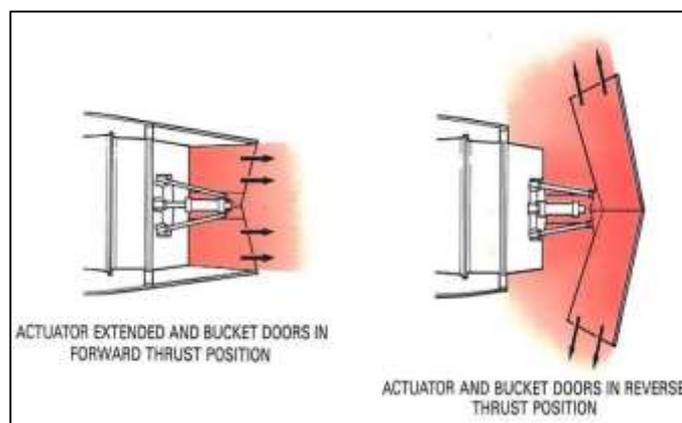


**Figura 8.** Clamshell Doors

**Fuente:** aviationcorner.net

### 2.5.2. Bucket Doors

O reversa de cangilones, por medio de una tobera abatible, cuyas partes superior e inferior pivotan hacia afuera para bloquear el flujo, y revertirlo.

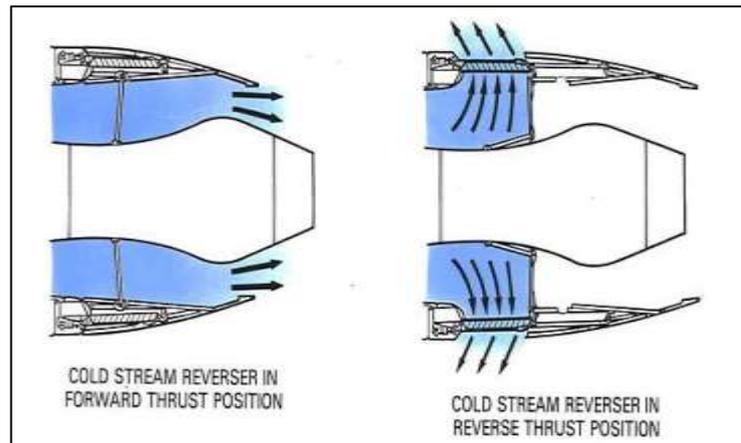


**Figura 9.** Bucket Doors

**Fuente:** aviationcorner.net

### 2.5.3. Cold Stream Reverser

Conocida como reversa de cascada, cambia la dirección del flujo secundario, que es el que no sufre las transformaciones termodinámicas del motor, es decir, sin pasar por el compresor, cámara de combustión y turbina.



**Figura 10.** Cold stream reverser

**Fuente:** aviationcorner.net

### 2.5.4. Pivoting Blockers Doors

Reversa tipo pétalos, este tipo de reversa está accionada por 4 orificios por los que el aire solo sale por los lados accionando un empuje invertido.



**Figura 11.** Pivoting Blocker Doors

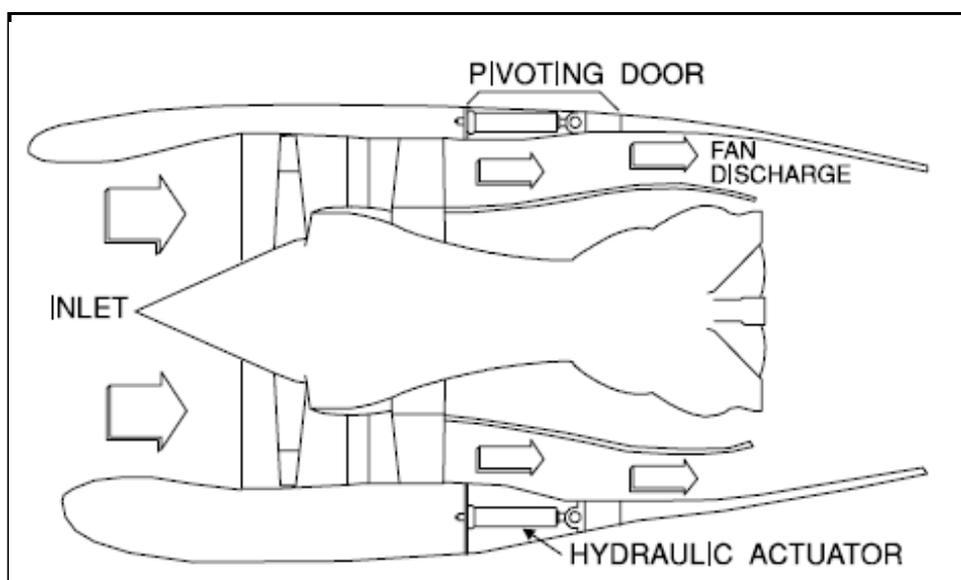
**Fuente:** aviationcorner.net

## 2.6. Reversa del motor CFM 56-5A

### 2.6.1. Control de la reversa

En este tipo de reversa se logra su funcionamiento invirtiendo la dirección del flujo de aire usando cuatro “pivoting blocker doors” (compuertas tipos pétalos). Cada compuerta es operada por un actuador hidráulico. El actuador recibe el fluido de una Hydraulic Control Unit (HCU) que se controla por la Electronic Control Unit (ECU).

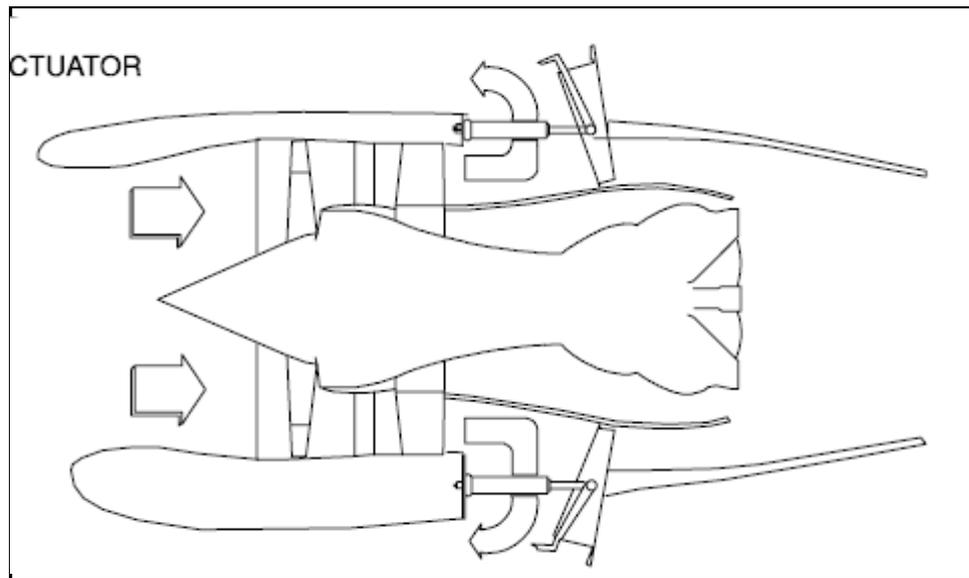
Un mecanismo de pestillos o cerrojos mantienen cada compuerta en la posición cerrada. Los pestillos se sueltan hidráulicamente al principio del despliegue. Las posiciones de las compuertas son monitoreadas por los interruptores.



**Figura 12.** Thrust reverser fan airflow stow

**Fuente:** Manual de instrucciones de la tripulación de vuelo, motor

La reversa tipo pétalos o pivoting blockers door funciona directamente con el flujo de aire secundario, tomando en cuenta que en los motores turbofan el aire secundario producirá el 80% del empuje.



**Figura 13.** Thrust reverser fan airflow deploy

**Fuente:** Manual de instrucciones de la tripulación de vuelo, motor

La ECU incorpora una base de comandos lógicos de la reversa en la palanca de control de aceleración, thrust reverser feedback position and ground flight configuración, que genera una señal que manda a la válvula de presurización y la válvula direccional en la HCU.

La señal procedente de la ECU hacia la válvula direccional, está instalada en la HCU, y es alimentada desde el compartimento de aviónica, donde pasa a través de un relé de inhibición controlado por la unidad de interfaz del motor (EIU) dependiendo la posición de la palanca de control de aceleración y la señal de GRD desde la LGCIU.

Cada canal de la ECU puede controlar y monitorear la reversa. La energía hidráulica necesaria para los actuadores se suministra desde el sistema hidráulico normal.

- **Control de la reversa**

El control de la reversa se basa en una ECU lógica que se basa en las siguientes condiciones:

- ✓ Palanca de control de potencia del empuje de reversa (TLA)
- ✓ Configuración Tierra/Vuelo
- ✓ Posición de las compuertas de la reversa (interruptores retracción - despliegue)
- ✓ RPM del motor, N2 > min IDLE.

La unidad de control hidráulico controla las siguientes funciones en el inversor:

- ✓ Desbloqueo
- ✓ Despliegue
- ✓ Retracción
- ✓ Bloqueo

- **Posición de despliegue**

La posición de despliegue de las compuertas es detectada por dos interruptores dobles de la reversa.

- **Posición de retracción**

Para determinar la posición de retracción en las compuertas hay cuatro interruptores simples de la reversa, uno por compuerta.

- **Indicación de la reversa**

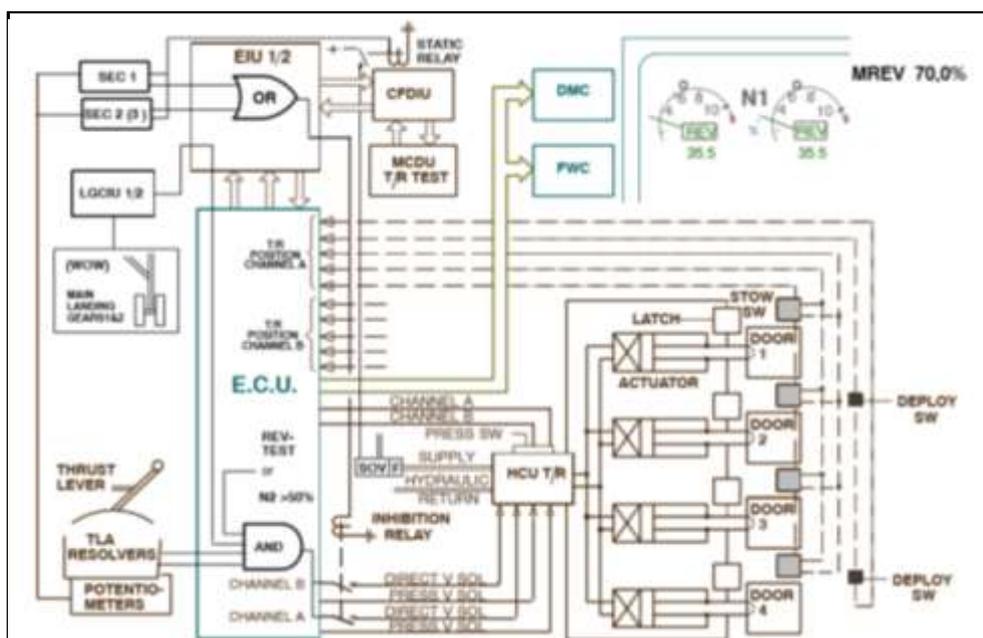
Las secuencias de operación de la reversa son mostradas en la cabina en la pantalla de motor y advertencia en la mitad del indicador de N1 con las letras REV.

- La indicación REV de color ámbar significa que la compuerta está en tránsito.

- La indicación REV de color verde significa que todas las compuertas han sido abiertas correctamente.

En el despliegue la indicación REV de color ámbar se reflejara en la mitad del indicador de N1 cuando al menos una compuerta de la reversa se desbloquea. (Carrera > 1%) aunque si esto ocurre en vuelo, REV parpadea primero durante 9 s, entonces se mantendrá constante.

Esta indicación cambiara a un color verde cuando las cuatro compuertas estén completamente desplegadas y la reversa puede ser aplicada, en la retracción la luz volverá a cambiar a ámbar cuando la compuerta está desplegada menos de 95% y desaparece cuando las compuertas se cierran completamente.



**Figura 14.** Esquema del sistema de reversa

**Fuente:** Manual de instrucciones de la tripulación de vuelo, motor

Para que la reversa entre en funcionamiento se deberá cumplir con varios parámetros como son: que los trenes de aterrizaje no estén retraídos, que N1 este máximo en el 70%, una vez que la palanca de reversa es accionada una señal es enviada a la ECU la misma que enviara fluido hidráulico a los

actuadores a través de la HCU, y estos accionarán cada una de las compuertas, la información será reflejada en la ECAM (Electronic Centralized Aircraft Monitoring) en la indicación de N1 con las letras REV.

### **2.6.2. Componentes de la reversa**

El sistema de reversa de este motor está conformado por los siguientes componentes:

- Unidad de Control Hidráulico (HCU)
- 4 Actuadores (pistones) hidráulicos
- 4 Cerrojos hidráulicos
- 4 Compuertas tipo pétalos
- 4 Interruptores de retracción
- 2 Interruptores de despliegue dual
- Caja de conexiones eléctricas
- 2 Cubiertas de la reversa
- Conexión de bomba manual

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

En el siguiente capítulo se dará a conocer progresivamente cada uno de los pasos para la construcción de la MAQUETA DIDÁCTICA DE LA REVERSA DEL MOTOR CFM56-5A, de esta manera se irá detallando los procesos realizados.

#### **3.1. Preliminares**

Con la construcción de dicha maqueta se resuelve la necesidad de la Unidad de Gestiones Tecnológicas la cual se dio a conocer en el proceso de investigación antes desarrollado.

Se debe tomar en cuenta que la institución no cuenta con una maqueta didáctica de la reversa del motor CFM56-5A por lo que permitirá mejorar la enseñanza teórico-práctica y así mejorar los conocimientos de los alumnos de la Unidad de Gestión de Tecnologías.

Primeramente se realizó un estudio del motor CFM56-5A, este tipo de motor es utilizado en los aviones A319 y en el B707, cabe recalcar que este modelo fue escogido por el diseño de su reversa además de cuanto ayuda la obtención de esta maqueta al desarrollo de la enseñanza práctica en los estudiantes de la institución, y de esta manera alcanzar los conocimientos necesarios para la vida laboral.

#### **3.2. Dimensiones**

Se revisaron las dimensiones reales del motor CFM56-5A, y se hizo los cálculos a escala: 1:250 y la estructura en la que será colocada el motor.

### 3.2.1. Dimensiones reales del motor

Tabla 1.

Dimensiones del motor CFM56-5A

Longitud del motor	95.4 in	242.3 cm
Longitud del fan	68.3 in	173.4 cm

### 3.2.2. Dimensiones de la maqueta

Tabla 2.

Dimensiones de la maqueta

Longitud del motor	38.2 in	97.0 cm
Longitud del fan	27.3 in	69.4 cm

### 3.2.3. Dimensiones del soporte

Tabla 3.

Dimensiones de soporte

Ancho	110.0 cm
Largo	150.0 cm
Altura	85.0 cm

### 3.3. Alternativas de construcción

Se analizará la construcción de la maqueta en dos tipos de materiales, los cuales serán fibra de vidrio y aluminio determinando de esta manera cual será la mejor opción en la construcción de la misma. Se tomará en cuenta principalmente la maleabilidad del material para poder realizar el motor además del costo de construcción del mismo.

**Tabla 4.**

**Análisis de construcción en fibra de vidrio**

<b>Motor CFM56-5A</b>	<b>Ventaja</b>	<b>Desventaja</b>
Maleabilidad del material	X	
Mejor acabado visual	X	
No tiene resistencia a los golpes		X
Costo de construcción		X
Costo de reparación	X	
Facilidad de reparación	X	

**Tabla 5.**

**Análisis de construcción en aluminio**

<b>Motor CFM56-5A</b>	<b>Ventaja</b>	<b>Desventaja</b>
Maleabilidad del material		X
No tienen un buen acabado visual		X
Resistencia a los golpes	X	
Costo de construcción		X
Costo de reparación	X	
Dificultad de reparación		X

**Tabla 6.**

**Evaluación de las alternativas de construcción**

<b>Evaluación de las alternativas de construcción</b>	<b>f. Pond</b>	<b>Alternativas</b>	
	<b>XI</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Maleabilidad del material	0.8	0.7	0.4
Costo de material	0.8	0.7	0.6
Costo de reparación	0.7	0.6	0.7
Costo de mantenimiento	0.6	0.8	0.5
Costo equipo de construcción	0.9	0.6	0.7
Resistencia a los golpes	0.6	0.7	0.7
Acabado visual	0.9	0.9	0.5
<b>TOTAL</b>		<b>5.0</b>	<b>4.1</b>

### 3.4. Selección de mejor alternativa

Realizando el análisis de los parámetros antes mencionados se podrá decir que la maqueta se debe construir en fibra de vidrio ya que sus ventajas son mayores, ya que ayudará de esta manera a obtener los objetivos planteados, aun así debe tomarse en cuenta que habrá varios componentes que deberán ser realizados en aluminio para poder asemejarse lo más posible a la realidad.

Además se debe tomar en cuenta que en la realidad el sistema es hidráulico pero en la maqueta se actuara de manera neumática ya que el costo de un sistema hidráulico es demasiado alto, sabiendo que se puede obtener resultados parecidos, y a que solo se trata de una maqueta didáctica para un proceso de enseñanza.

### 3.5. Diagrama eléctrico de la luz de indicación

El diagrama eléctrico se hizo en base a la luz de indicación que nos permita saber cuándo estén accionadas o no las compuertas. Aparecerá una luz de indicación verde cuando las compuertas estén abierta y una luz de indicación de color rojo cuando las compuertas estén cerradas. Este diagrama se realizó en el software llamado livewire.

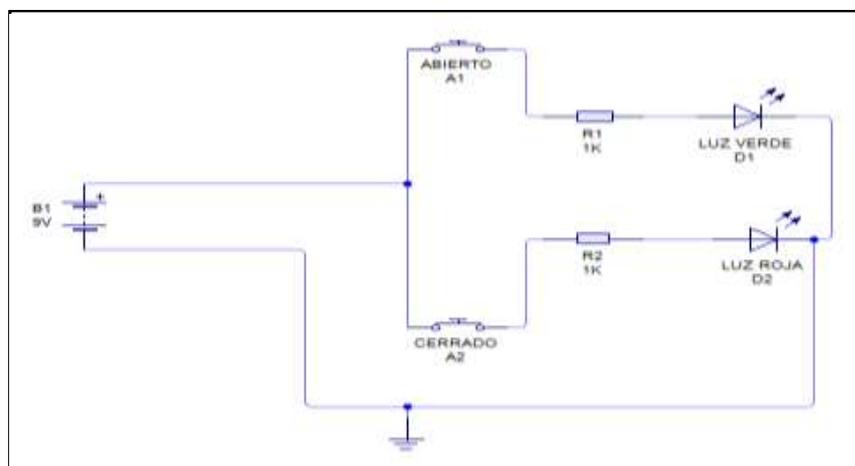
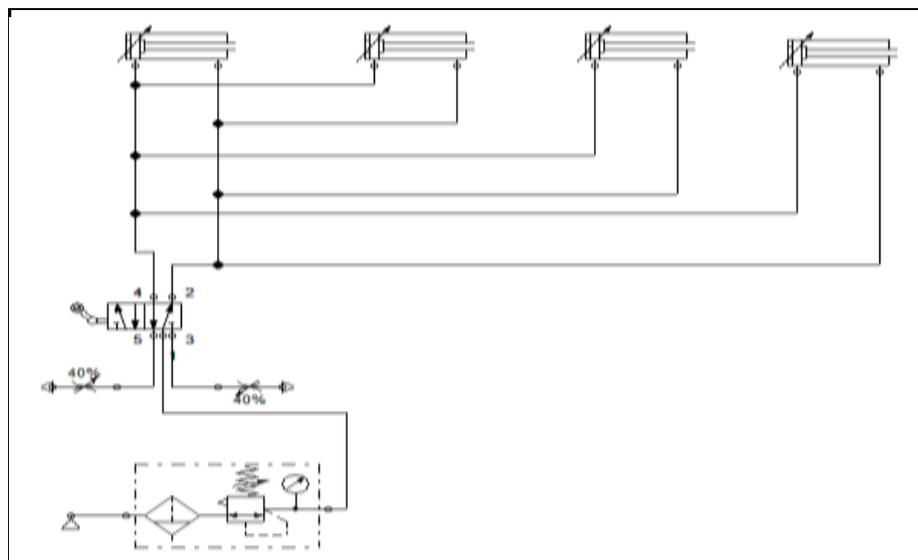


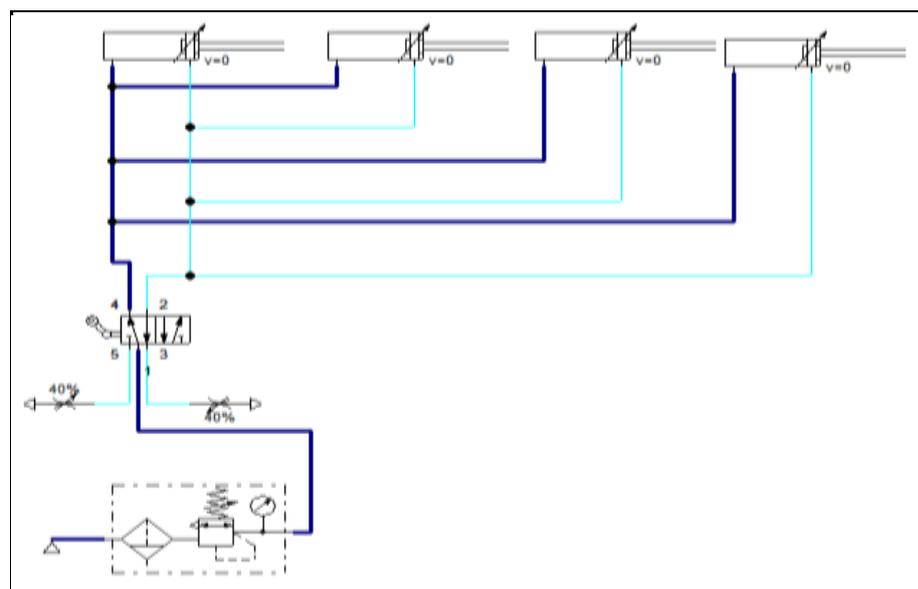
Figura 15. Esquema eléctrico

### 3.6. Diagrama neumático

El diagrama neumático representa todos los componentes neumáticos que se utilizaron en el desarrollo de la maqueta y cuál será el recorrido del aire por cada uno de los elementos neumáticos, empezando desde la toma de aire, el regulador de flujo, la válvula de control, los distribuidores y los cilindros neumáticos. El siguiente diagrama se lo realizo en Festo.



**Figura 16.** Esquema neumático sin accionamiento



**Figura 17.** Esquema neumático con accionamiento

### **3.7. Equipo de protección personal**

Siempre debe tener en cuenta que la seguridad es lo principal y primordial, razón por la cual siempre se debe realizar cualquier proceso con el equipo de protección personal necesario, sabiendo que serán diferentes según el tipo de trabajo a realizar, de este modo evitaremos incidentes y accidentes.

Los equipos de protección personal que se utilizaran en los diferentes procesos son:

- Gafas o lentes protectores, con resistencia a impactos
- Mascara o casco para soldar
- Tapones u orejeras
- Mascarillas respiratorias
- Guantes de cuero y neopreno
- Calzado con punta de acero
- Overol

### **3.8. Construcción de la maqueta didáctica**

Esta maqueta está construida con 3 capas de fibra de vidrio y tol en varios componentes, esta sobre una mesa hecha con tubos cuadrados y un tablero de aglomerado laminado el cual nos dará una visión del funcionamiento desde cualquier parte que se mire.

Una vez que se terminó los procesos de construcción se continúa con la instalación eléctrica y la conexión de los actuadores neumáticos para proceder al pintado del motor, y finalmente realizar las pruebas para revisar el correcto funcionamiento de la maqueta.

### 3.8.1. Construcción del molde del motor

Para realizar el molde del motor se tomó información del manual de instrucciones de la tripulación de vuelo - motor, del cual se obtuvo las medidas del mismo y después del cálculo a escala se plasmó sobre el cartón con ayuda de un flexómetro y un compás para luego proceder a cortar con un estilete.



**Figura 18.** Corte de patrones para molde

A continuación se montó todos los patrones en un eje el cual ayudó a mantener los patrones en posición para dar la forma del motor.



**Figura 19.** Patrones en el eje

Se colocó el cartón – cartulina en forma de tiras conjuntamente con la cinta masking tape para poder darle la forma al molde.



**Figura 20.** Molde para el motor listo

### **3.8.2. Aplicación de la fibra de vidrio**

Para este proceso se debe tomar en cuenta los equipos de protección personal necesarios como guantes de neopreno, gafas protectoras y mascarillas respiratorias, puesto que en este proceso utilizaremos material y químicos que pueden afectar nuestra salud.

Debe estar lista la fibra de vidrio y la resina ya que estas tienen que ser colocadas conjunta y rápidamente ya que la resina tiene un catalizador que hace que su secado sea rápido.

En esta maqueta se colocó 3 capas para que alcance la contextura, rigidez y resistencia necesaria para su correcto funcionamiento.



**Figura 21.** Molde con la fibra de vidrio

### **3.8.3. Aplicación de masilla**

Una vez terminado el proceso de la colocación de la fibra de vidrio se procedió a masillar el motor, una vez colocada la masilla se debe lijar para de esta manera dejar un acabado completamente liso, primero se utilizó una lija número 36 para desbastar los túmulos de masilla excesiva y a continuación se utilizó la lija número 80 para darle un acabado de pulida al motor y así poder realizar los posteriores trabajos.

Se debe tomar en cuenta que en este proceso también se utilizará el equipo de protección personal como guantes de neopreno y mascarillas respiratorias, ya que se utilizará varios químicos nocivos para la salud.



**Figura 22.** Aplicación de masilla

#### **3.8.4. Corte de las compuertas de la reversa Pivoting Blocker Doors**

Una vez que ya se lijó el motor se procedió a marcar las compuertas y cortarlas, para este proceso se utilizó una amoladora y una hoja de sierra pequeña para las partes pequeñas.

Al igual que en los procesos anteriores también se utilizó equipos de protección personal los cuales son gafas protectoras, mascarilla respiratoria, guantes de cuero y overol, para de esta manera salvaguardar nuestra salud.



**Figura 23.** Compuertas marcadas y cortadas

#### **3.8.5. Construcción del sistema de apertura de las compuertas**

Para poder abrir y cerrar las compuertas se investigó qué sistema sería el más idóneo para poder cumplir con nuestras expectativas, evidenciando de esta manera el correcto funcionamiento de cada una de las compuertas.

El sistema de apertura de las compuertas fue realizado atravesando una varilla por toda la compuerta la misma que tendría en su centro una placa la cual nos ayudaría a unir la compuerta con el motor, la placa se sujetó con

dos rodajas soldadas a lado de una tuerca obteniendo una correcta apertura y cierre de las compuertas.



**Figura 24.** Sistema de apertura con la varilla y la placa

Una vez que se instaló correctamente con remaches de 1/8" se procedió a poner fibra de vidrio en las uniones además de ubicar la masilla y luego a lijar en la parte interior de las compuertas, de este modo se obtendrá un buen acabado estético, ya que esta parte de las compuertas estará visible. Además de hacer una cejilla con fibra de vidrio para que la compuerta tenga un tope.



**Figura 25.** Fibra y masillado en las compuertas

### 3.8.6. Construcción de soportes e instalación de los cilindros neumáticos

Para los soportes se utilizó una platina de 3/16" por 1", este soporte está unido al motor con un perno de cabeza redonda, y por otro tornillo sostendrá al cilindro que está unido a la compuerta por un ángulo que está sujeto con remaches 3/16" a la compuerta.

Una vez colocados todos los pernos y remaches se procedió a esmerilar la cabeza de los pernos y remaches que aun hayan quedado afuera para que se exista una superficie uniforme.

Para este proceso se ocupó guantes de cuero, gafas protectoras, protectores auditivos y el overol. Ya que existirá desprendimiento de material y algunos componentes estarán calientes después de los procesos.



**Figura 26.** Construcción de soportes e instalación de los cilindros neumáticos

### 3.8.7. Construcción e instalación de toberas de escape

Las toberas de escape fueron realizadas con tol, pero antes se realizó el molde en cartulina. Una vez listo el molde en cartulina se trazó en el tol y se cortó con tijeras para tol luego se fue formando un cono.



**Figura 27.** Corte de tol

Se debe tomar en cuenta que el componente será remachado y no soldado ya que el tol es muy delgado y al querer soldarlo se puede derretir, se ha tomado este tol por el peso ya que se necesita componentes livianos.



**Figura 28.** Conos para las toberas

El siguiente punto será colocar los ejes en el motor para poder centrar las toberas de escape, para eso se utilizó tiras de platino de 3/16" por 1/2" las cuales fueron aseguradas con remaches, además de ser soldadas en la mitad, no se soldó dos de todo el diámetro por estética ya que el lado visible del motor tendría este platino viéndose.



**Figura 29.** Ejes en el motor

Una vez listos los ejes y los conos para las toberas se procedió a centrarlas y soldarlas para acabar con esta parte de la construcción.



**Figura 30.** Centrado de toberas de escape

### 3.8.8. Pintado

Para proceder al pintado del motor primeramente se masilló para poder arreglar todas las pequeñas fallas que se produjo en el motor en los anteriores procesos y su traslado, una vez secada la masilla se procedió a lijar con lija 80 para que quede en perfecto estado y lista para poder pintar.



**Figura 31.** Motor listo para ser pintado

Se utilizó pintura para que el motor tenga un brillo que hace que la maqueta tenga un acabado estético.



**Figura 32.** Motor pintado

### 3.8.9. Construcción del soporte

Para el soporte se ha optado por una mesa en la cual tendremos toda la visión del motor, además de un cajón para guardar herramientas necesarias para el funcionamiento de la maqueta o a su vez guardar los manuales tanto de operación como de mantenimiento, el motor será ubicado correctamente para que haya una visión correcta del funcionamiento de las compuertas que simulan el funcionamiento del sistema de reversa.

Para realizar el soporte utilizaremos tubo cuadrado de 1 1/4", primeramente se cortó los tubos en las medidas que ya han sido especificadas anteriormente, una vez cortadas en todas las medidas se procedió a soldar en sus posiciones.



**Figura 33.** Corte de tubo para soporte

Una vez soldados los tubos en sus respectivas posiciones se procedió a pulir cada uno de los puntos de suelda con la pulidora y luego se pasa la superficie con un cepillo de acero en cada una de los puntos de suelda dejando así un buen acabado para proceder al proceso del pintado.



**Figura 34.** Esmerilando partes soldadas

Se une todas las partes que irán en este soporte, como son las patas, ruedas, el cajón y los tubos en el medio para que el aglomerado tenga mayor firmeza y resistencia al peso del motor.



**Figura 35.** Soporte listo para ser pintado

Una vez terminada la pulida de las partes soldadas y el lijado de toda la estructura se continúa con la pintura que será de color amarillo y se procede

a colocar la plancha de aglomerado de 12 líneas con tornillos auto-perforables para su sujeción.



**Figura 36.** Soporte terminado

### **3.8.10. Montaje del motor sobre el soporte**

Para que el motor pueda ser colocado sobre el montante se necesitó de dos bases que hagan una especie de cuna para el motor, para esto se utilizó un tablón el cual se va cortando con la caladora hasta tener el alto y ancho necesario para que el motor se asiente, una vez listos las bases se colocó esponja negra de 1" para que la pintura del motor no se vaya a dañar con la madera.



**Figura 37.** Bases para asentar el motor

Una vez listas las bases las aseguramos sobre la mesa con tornillos auto-perforables y una vez asegurado colocamos el motor sobre las bases asegurándolo con tornillos auto-perforables.



**Figura 38.** Motor sobre las bases

### **3.8.11. Instalación neumática**

La instalación neumática será lo primordial en esta maqueta, ya que esta accionara las compuertas demostrando así el funcionamiento de la reversa del motor CFM56-5A.

El aire ingresara al regulador de presión para luego pasar a la válvula de control la cual tienen dos filtros de control para calibrar la velocidad de accionamiento de las compuertas que serán activadas por los cuatro pistones los cuales están en cada una de las compuertas.



**Figura 39.** Instalación neumática

### 3.8.12. Luz de indicación de la reversa

Para la luz de indicación se utilizó un LED de color rojo y uno de color verde que fue instalado con cable AWG 20, el cual es accionado con un tope de carrera en el cilindro neumático, el sistema está accionado con una batería de 9v.



**Figura 40.** Luz de indicación de la reversa

### 3.9. Codificación de máquinas, herramientas y materiales

**Tabla 7.**

**Codificación de máquinas**

<b>N°</b>	<b>Máquina</b>	<b>Código</b>
1	Amoladora	M1
2	Taladro	M2
3	Soldadora	M3
4	Dobladora	M4
5	Caladora	M5
6	Sierra eléctrica	M6
7	Compresor	M7

**Tabla 8.**

**Codificación de herramientas**

<b>N°</b>	<b>Herramienta</b>	<b>Código</b>
1	Lápiz	H1
2	Flexómetro	H2
3	Compas	H3
4	Estilete	H4
5	Brocha	H5
6	Cepillo de acero	H6
7	Martillo	H7
8	Sierra	H8
9	Remachadora	H9
10	Destornilladores	H10
11	Soplete	H11
12	Brocas	H12
13	Tijera	H13
14	Espátula	H14
15	Soplete	H15
16	Lijas 36 y 80	H16
17	Lija 180	H17
18	Disco de corte	H18
19	Disco para lijar	H19
20	Llaves	H20
21	Cautín	H21

**Tabla 9.****Codificación de materiales**

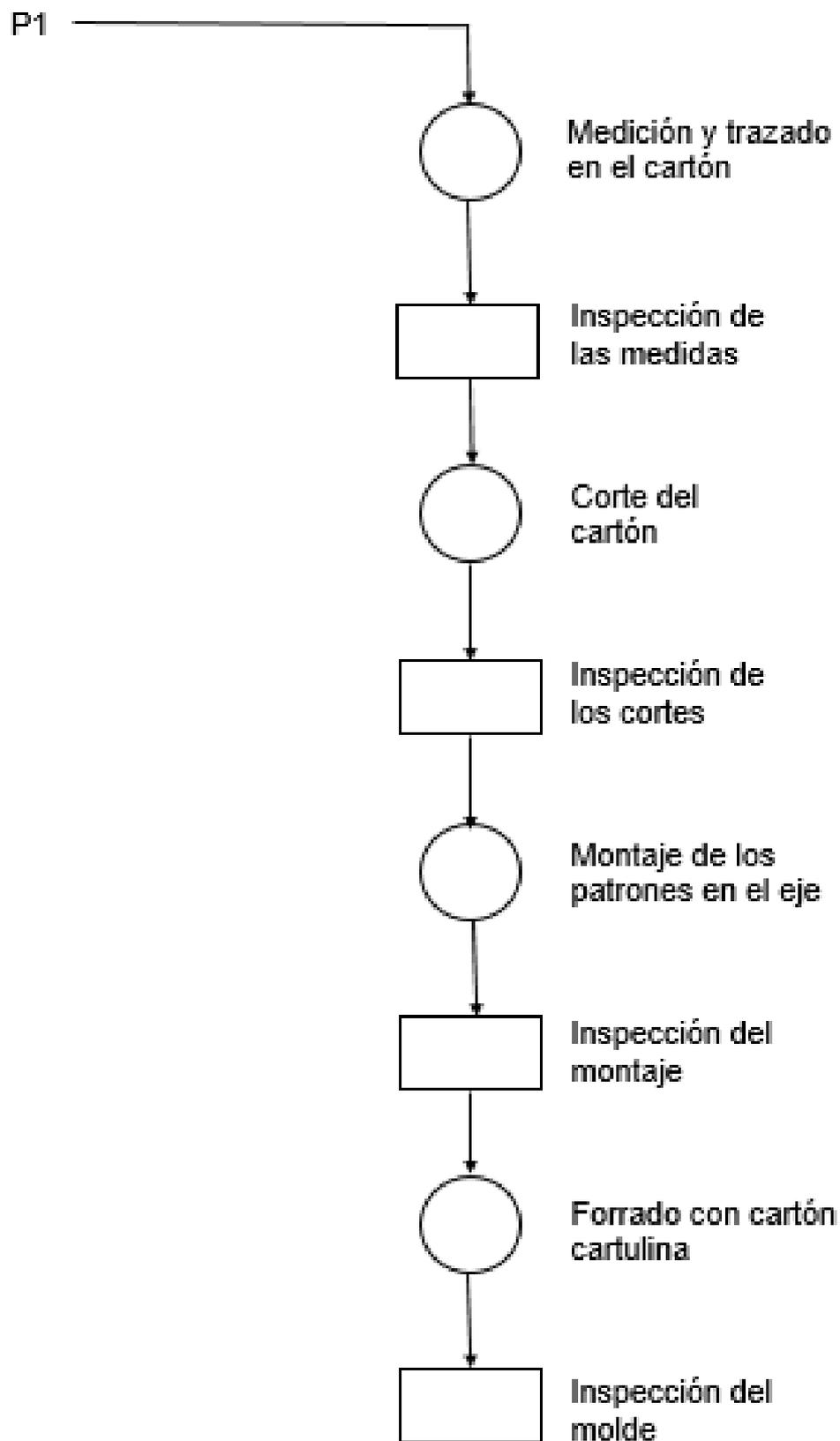
<b>N°</b>	<b>Material</b>	<b>Código</b>
1	Cartón grueso	Ma1
2	Cartón cartulina	Ma2
3	Cinta masking tape	Ma3
4	Silicona líquida	Ma4
5	Fibra de vidrio	Ma5
6	Resina plástica	Ma6
7	Masilla plástica	Ma7
8	Tol de acero inoxidable	Ma8
9	Tubo cuadrado	Ma9
10	Perfil angular	Ma10
11	Platinas	Ma11
12	Varilla	Ma12
13	Electrodos	Ma13
14	Remaches	Ma14
15	Tornillos	Ma15
16	Pintura de poliuretano	Ma16
17	MDP o aglomerado	Ma17
18	Fondo gris plomo automotriz	Ma18
19	Masilla relleno de pintura poliuretano	Ma19
20	Thinner	Ma20
21	Pintura de esmalte	Ma21
22	Cemento de contacto	Ma22
23	Esponja	Ma23
24	Correas plásticas	Ma24
25	Estaño	Ma25
26	Barra de silicona	Ma26
27	Batería	Ma27
28	Teflón	Ma28

### 3.10. Diagrama de procesos

**Tabla 10.**  
**Simbología**

N°	Actividad	Simbología
1	Proceso	
2	Inspección	
3	Líneas de procesos	
4	Producto terminado	

### 3.10.1. Diagrama de proceso del molde para el motor

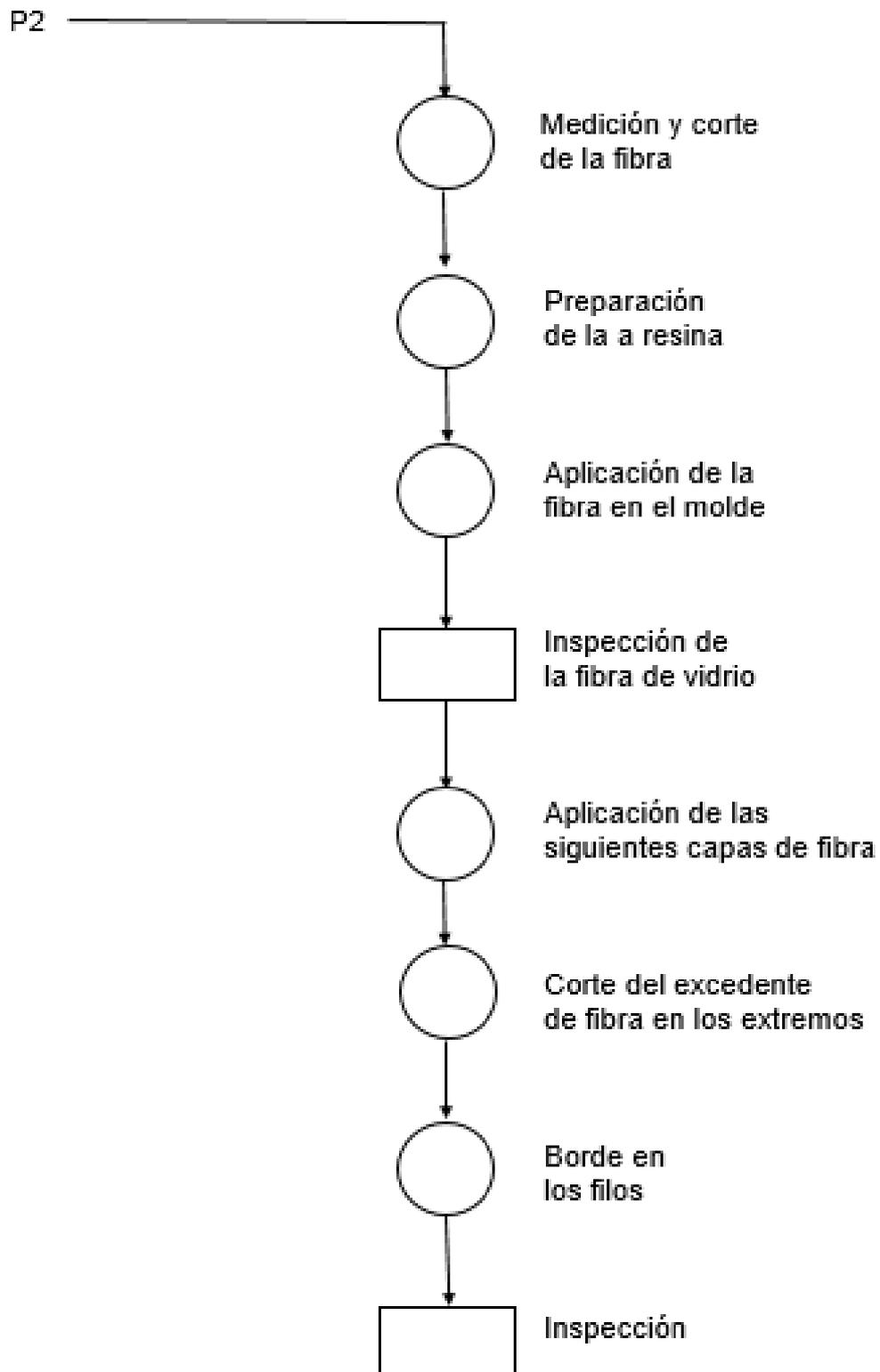


**Tabla 11.**

**Proceso del molde para el motor**

<b>N°</b>	<b>Proceso</b>	<b>Máquina</b> <b>M</b>	<b>Herramienta</b> <b>H</b>	<b>Material</b> <b>Ma</b>
1	Medición y trazado		H1, H2, H3	Ma1
2	Corte		H4	Ma1, Ma2
3	Montaje de patrones			Ma1, Ma3, Ma4
4	Forado			Ma2, Ma3, Ma4
5	Inspección			

### 3.10.2. Diagrama de proceso de la aplicación de la fibra

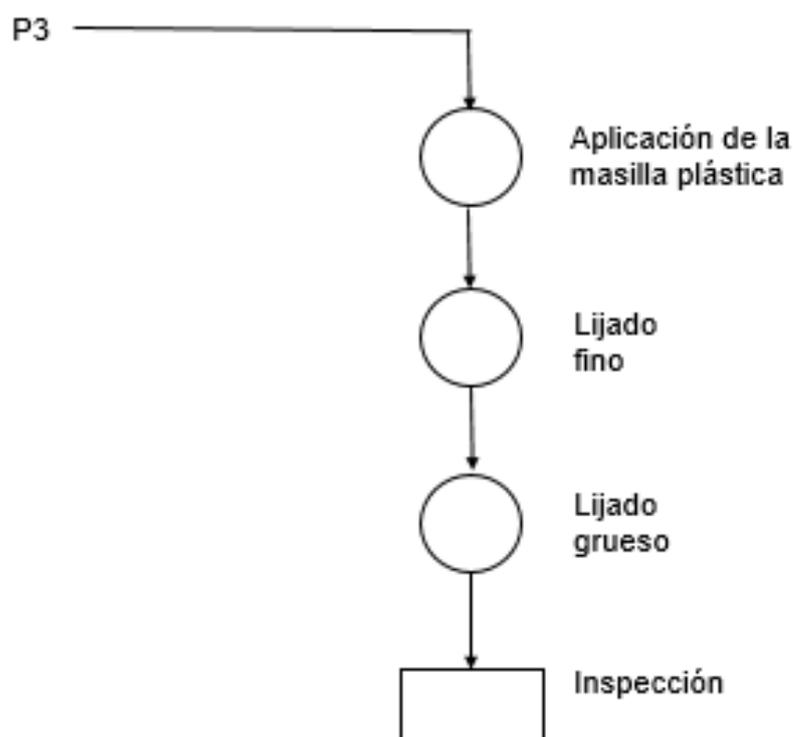


**Tabla 12.**

**Proceso de aplicación de fibra**

<b>N°</b>	<b>Proceso</b>	<b>Máquina M</b>	<b>Herramienta H</b>	<b>Material Ma</b>
1	Corte de la fibra		H13	Ma5
2	Aplicación de fibra en el molde			Ma5
3	Aplicación de resina		H5	Ma6
4	Secado e inspección			
5	Aplicación de tres capas más en el molde		H5	Ma5, Ma6
6	Corte de fibra excedente en los extremos	M1		Ma5. Ma18
7	Borde en los fillos del motor		H1, H2, H4, H13	Ma2

**3.10.3. Diagrama de proceso de la aplicación de masilla plástica**

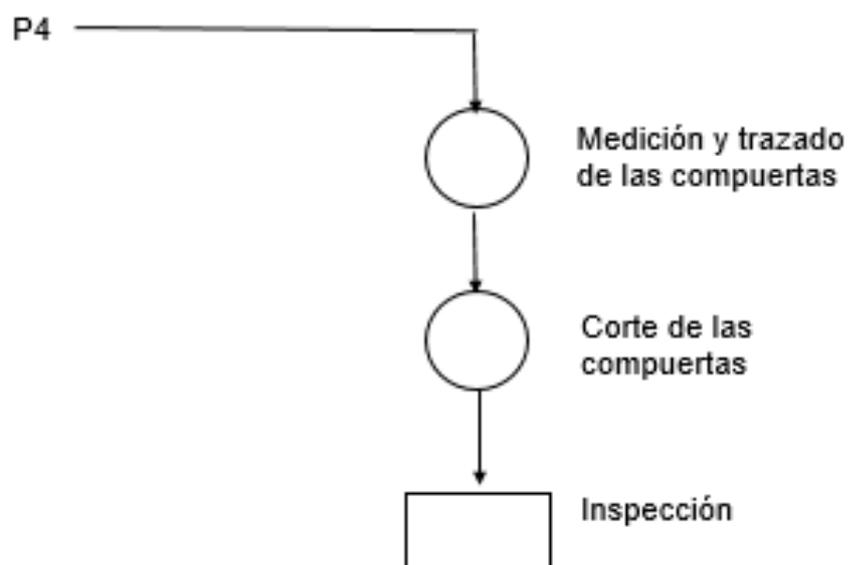


**Tabla 13.**

**Proceso de la aplicación plástica**

N°	Proceso	Máquina M	Herramienta H	Material Ma
1	Aplicación de masilla plástica		H14	Ma7
2	Lijado grueso	M1		Ma19
3	Lijado fino			Ma21
4	Inspección			

**3.10.4. Diagrama de proceso del corte de las compuertas de la reversa Pivoting Blocker Doors**

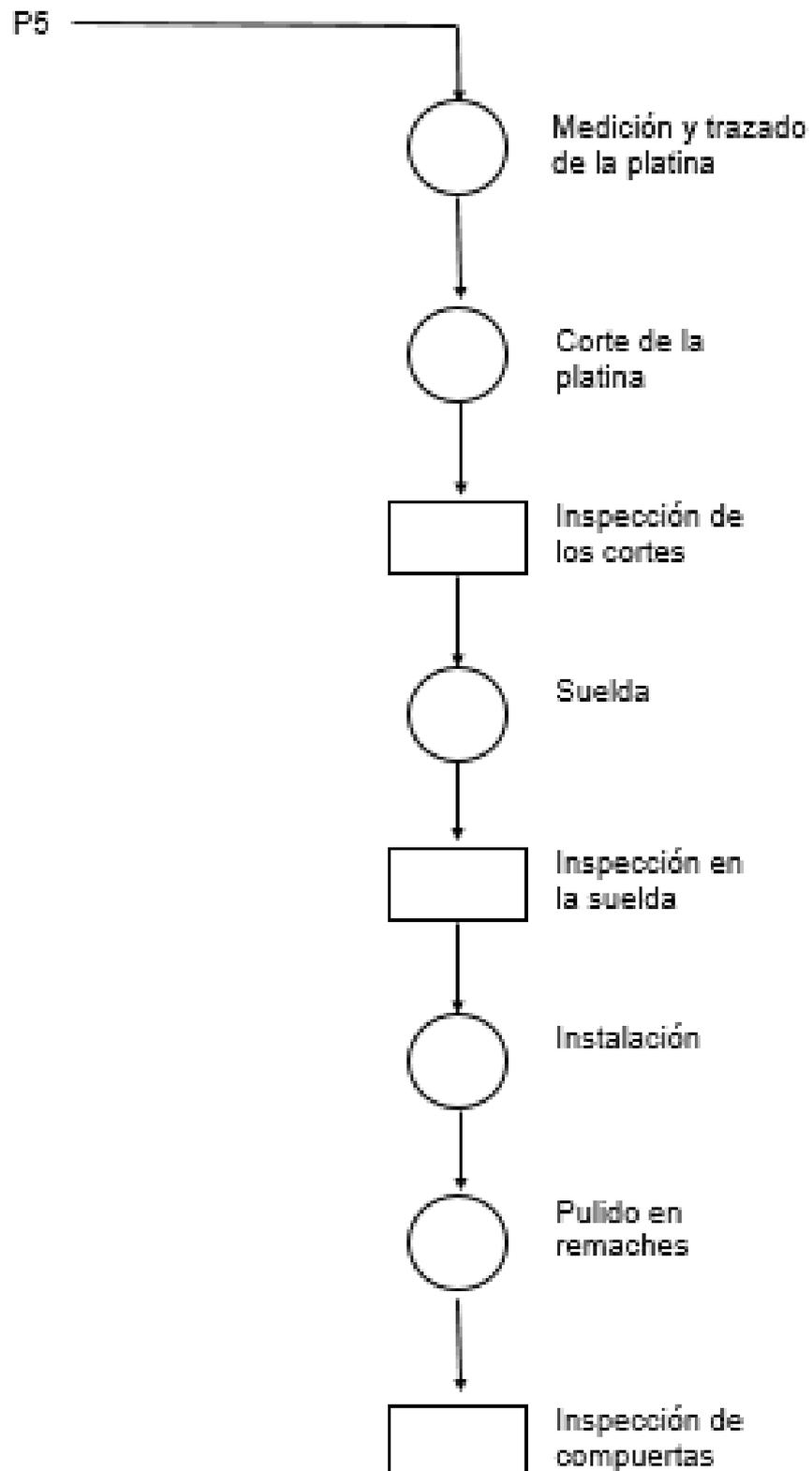


**Tabla 14.**

**Diagrama de proceso de corte de las compuertas**

N°	Proceso	Máquina M	Herramienta H	Material Ma
1	Medición y trazado		H1, H2	
2	Corte de las compuertas	M1	H8	Ma18
3	Inspección			

**3.10.5. Diagrama de proceso de la construcción del sistema de apertura de las compuertas**

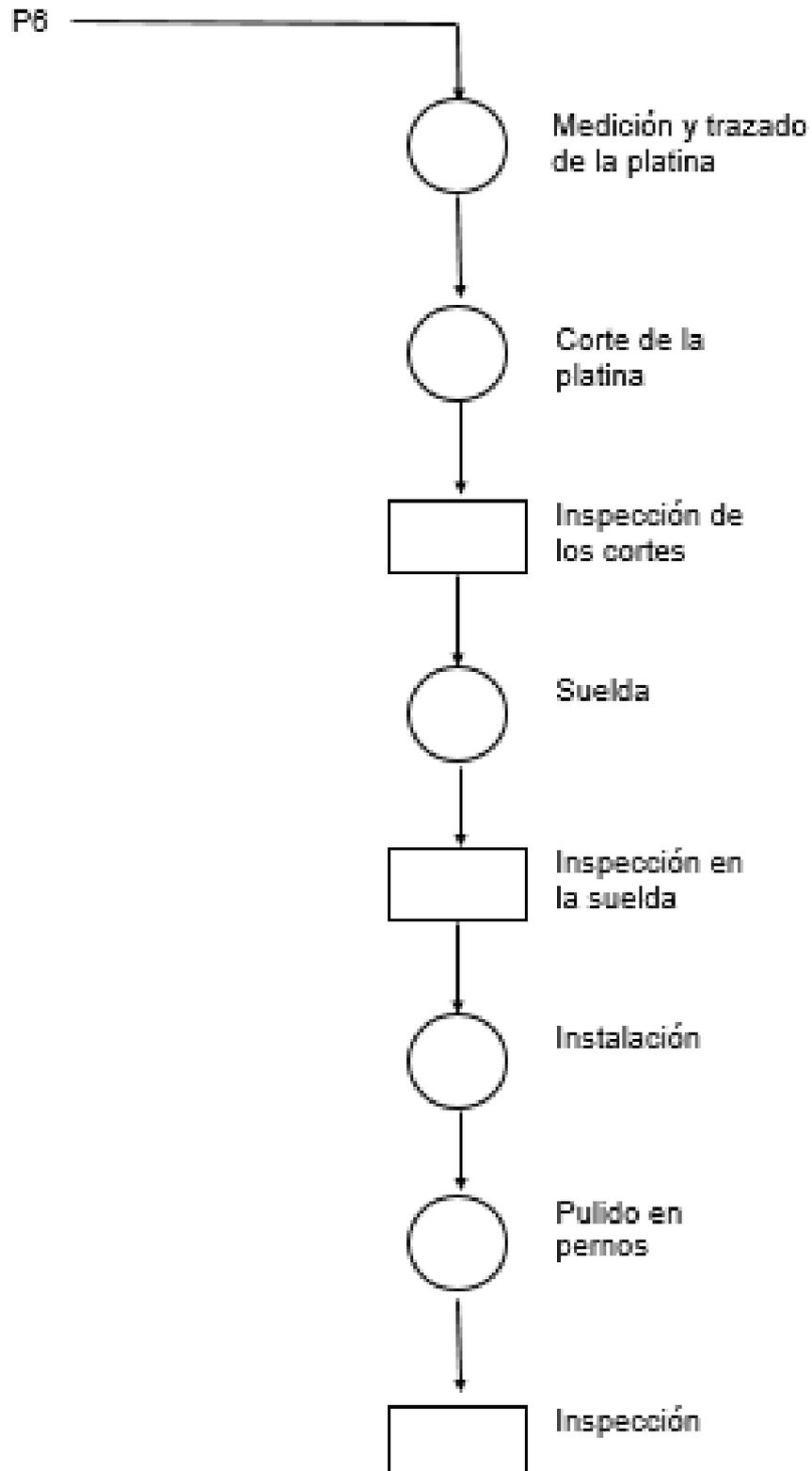


**Tabla 15.**

**Diagrama de proceso de la construcción del sistema de apertura de las compuertas**

<b>N°</b>	<b>Proceso</b>	<b>Máquina M</b>	<b>Herramienta H</b>	<b>Material Ma</b>
1	Medición y trazado		H1, H2	Ma9, Ma11, Ma12, Ma13
2	Corte		H8	Ma9, Ma11, Ma12, Ma13
3	Inspección			
4	Suelda	M3		Ma14
5	Pulido en suelda	M1	H6	Ma19
6	Inspección			
7	Instalación			Ma15, Ma16
8	Pulido en remaches	M1		Ma19
9	Inspección			

**3.10.6. Diagrama de proceso de la construcción de soportes e instalación de los cilindros neumáticos**

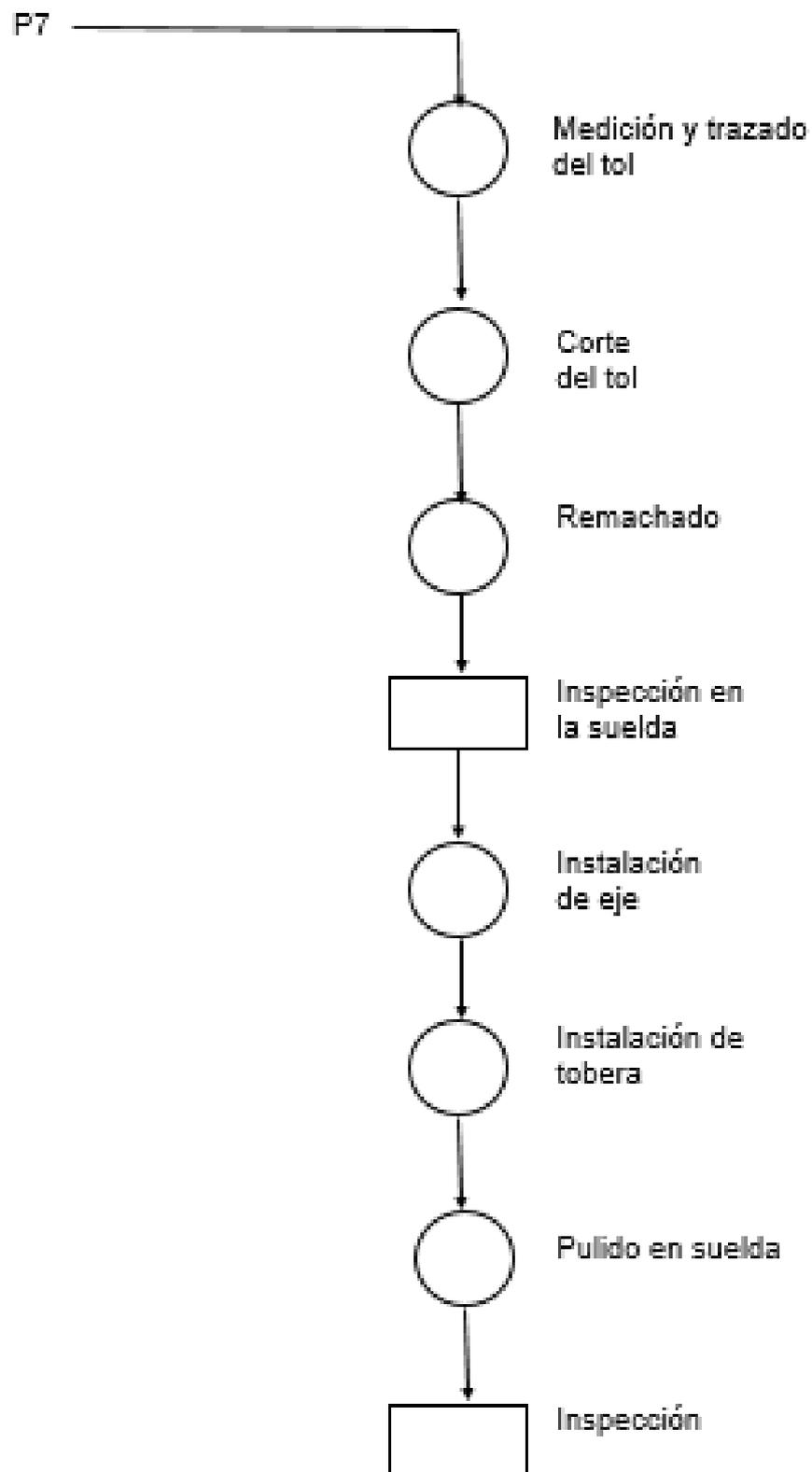


**Tabla 16.**

**Diagrama de proceso de la construcción de soportes e instalación de los cilindros neumáticos**

<b>N°</b>	<b>Proceso</b>	<b>Máquina M</b>	<b>Herramienta H</b>	<b>Material Ma</b>
1	Medición y trazado		H1, H2	Ma11, Ma12
2	Corte		H8	Ma11, Ma12
3	Suelda	M3		Ma14
4	Pulido en suelda	M1	H6	Ma19
5	Instalación			Ma15, Ma16
6	Pulido en remaches y pernos	M1		Ma19
7	Inspección			

**3.10.7. Diagrama de proceso de la construcción e instalación de toberas de escape**

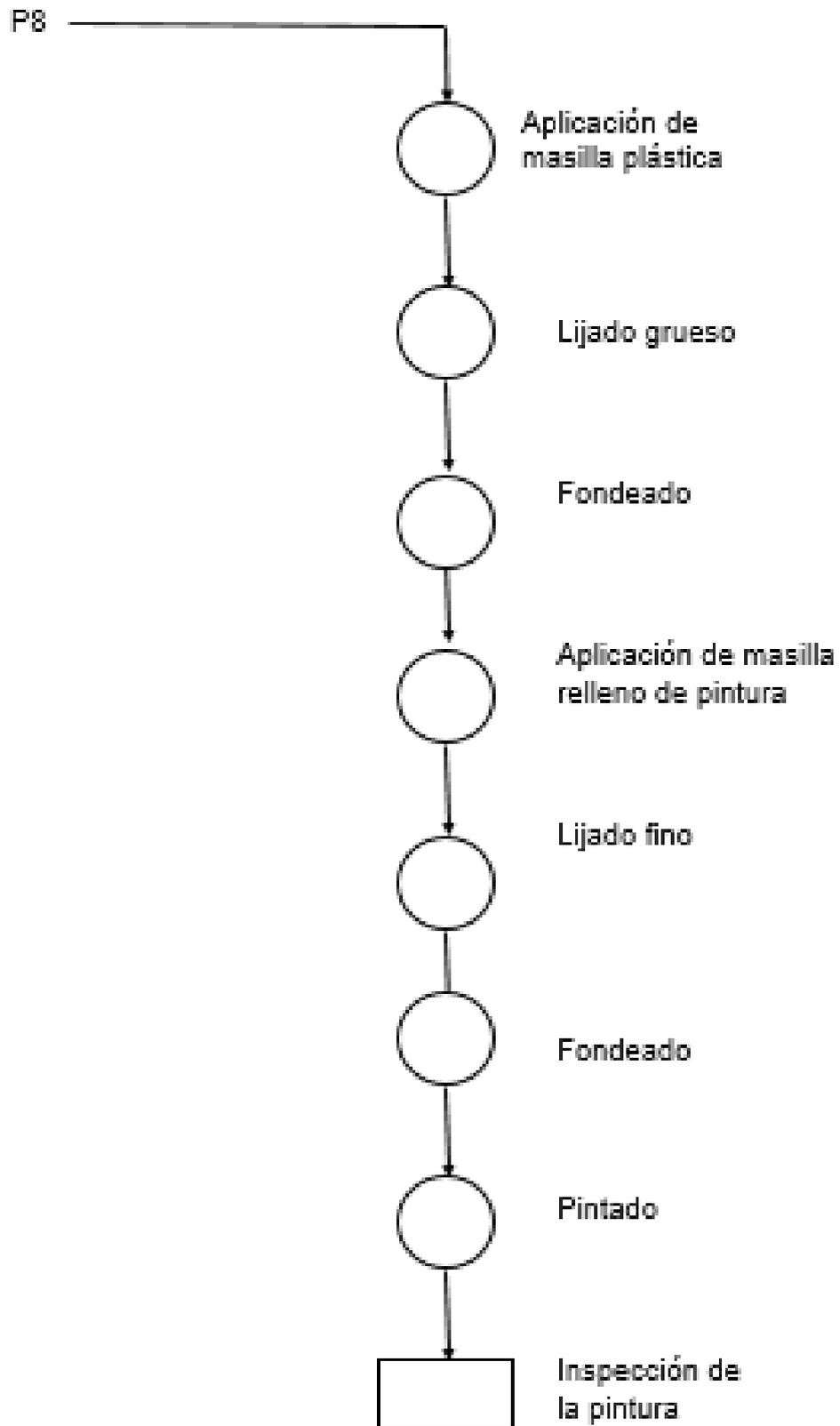


**Tabla 17.**

**Diagrama de proceso de la construcción e instalación de toberas de escape**

<b>N°</b>	<b>Proceso</b>	<b>Máquina M</b>	<b>Herramienta H</b>	<b>Material Ma</b>
1	Medición y trazado		H1, H2	Ma9, Ma12
2	Corte		H14	
3	Remachado del tol		H7	Ma9
4	Perforación e instalación de eje	M2	H9, H12	Ma12, Ma15
5	Instalación de toberas de escape	M3		Ma14
6	Pulido en suelda	M1	H6	Ma19
7	Inspección			

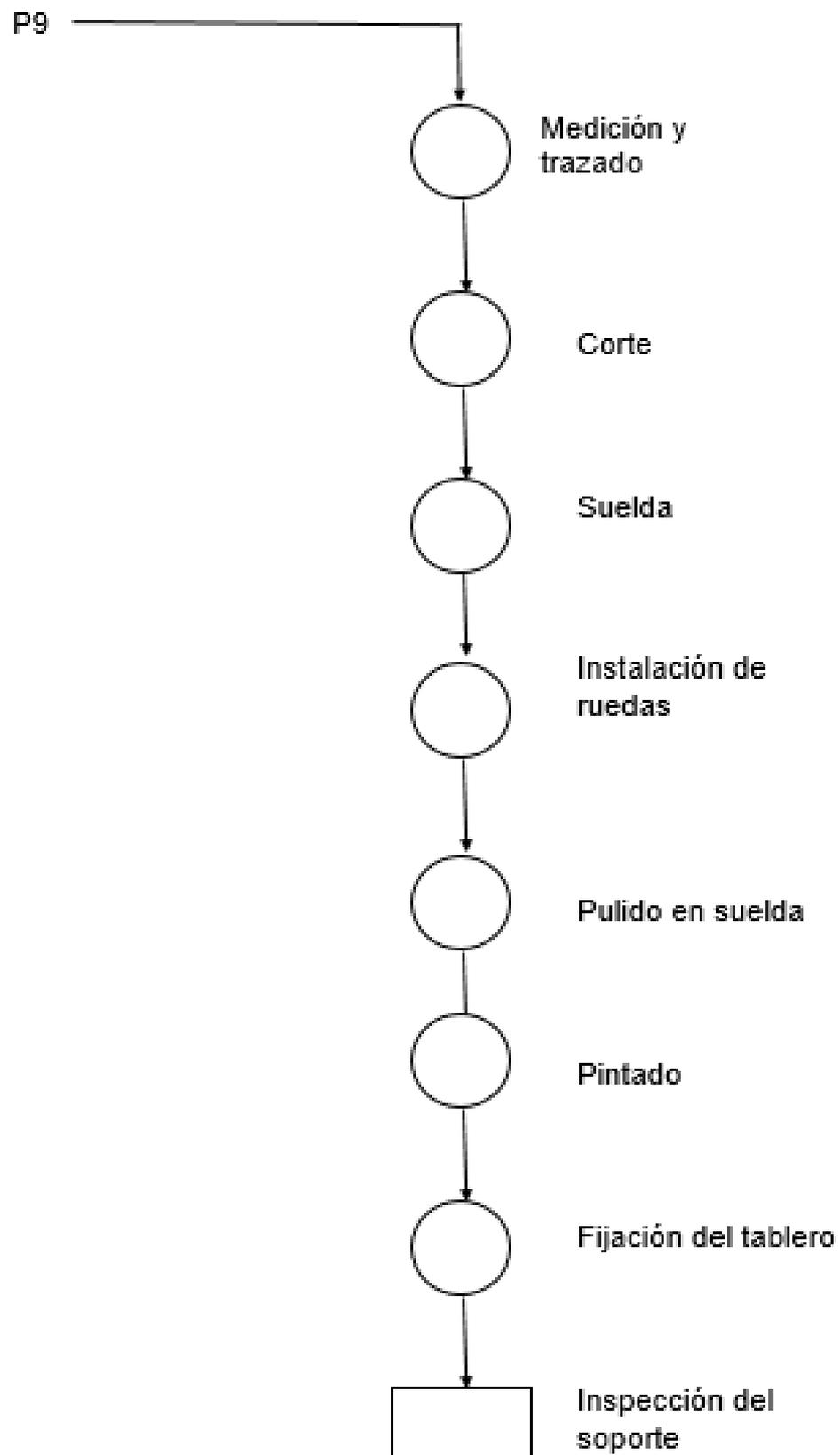
### 3.10.8. Diagrama de proceso del pintado



**Tabla 18.****Diagrama del proceso de pintado**

<b>N°</b>	<b>Proceso</b>	<b>Máquina</b>	<b>Herramienta</b>	<b>Material</b>
		<b>M</b>	<b>H</b>	<b>Ma</b>
1	Aplicación de masilla plástica		H14	Ma7
2	Lijado grueso	M1		Ma19
3	Fondeado	M7	H15	Ma22, Ma24
4	Aplicación masilla relleno de pintura poliuretano		H14	Ma23
5	Lijado fino			Ma21
6	Fondeado	M7	H15	Ma22, Ma24
7	Pintura	M7	H15	Ma17, Ma24
8	Inspección			

### 3.10.9. Diagrama de proceso de la construcción del soporte

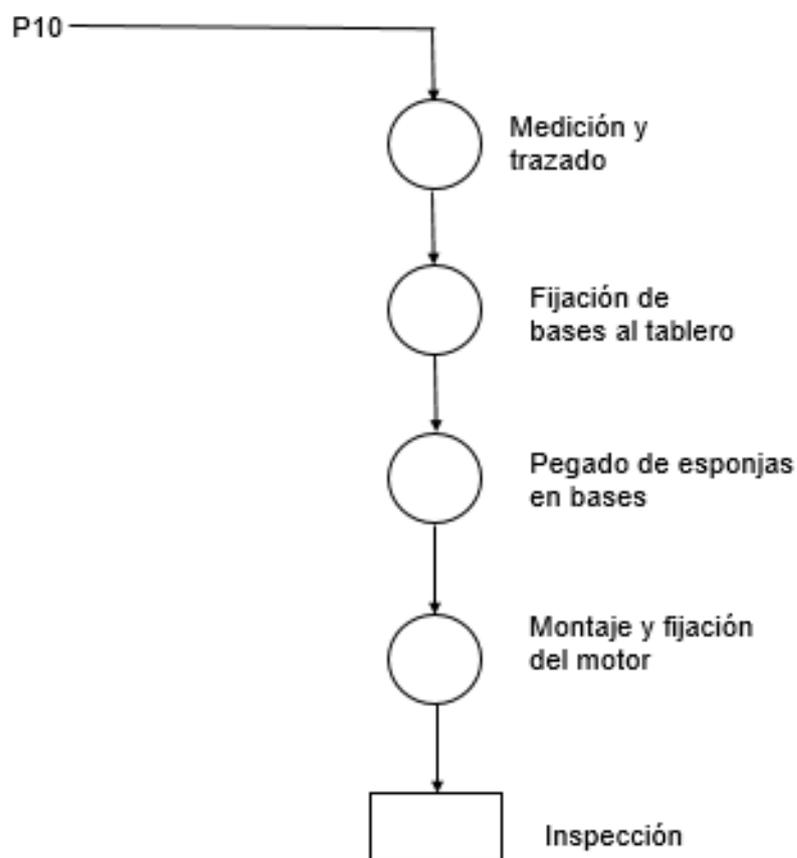


**Tabla 19.**

**Diagrama de proceso de la construcción del soporte**

N°	Proceso	Máquina M	Herramienta H	Material Ma
1	Medición y trazado		H1, H2	Ma10
2	Corte	M6		Ma10, Ma18
3	Suelda	M3		Ma14
4	Instalación de ruedas	M3		Ma14
5	Pulido en suelda	M1	H6	Ma19
6	Pintado	M7	H16	Ma17, Ma24
7	Fijación tablero	M2	H10, H12	Ma16
8	Inspección			

**3.10.10. Diagrama de proceso del montaje del motor sobre el soporte**

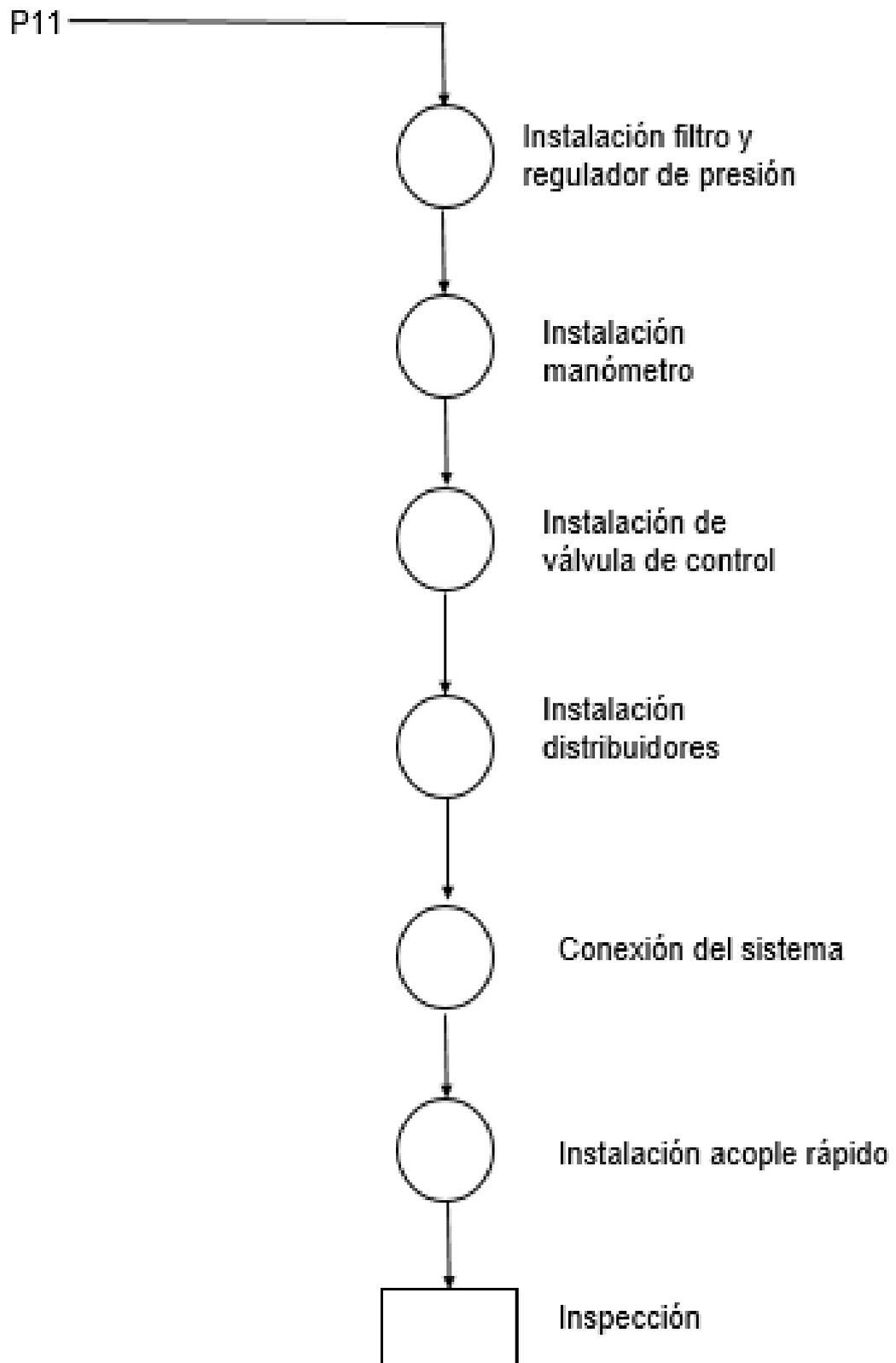


**Tabla 20.**

**Diagrama de proceso del montaje del motor sobre el soporte**

<b>N°</b>	<b>Proceso</b>	<b>Máquina M</b>	<b>Herramienta H</b>	<b>Material Ma</b>
1	Medición y trazado		H1, H2	
2	Fijación de bases al tablero	M2	H10	Ma16
3	Pegado de esponjas en las bases		H10	Ma25, Ma26
4	Montaje y fijación del motor	M2	H10	Ma16
5	Inspección			

### 3.10.11. Diagrama de proceso de la instalación neumática

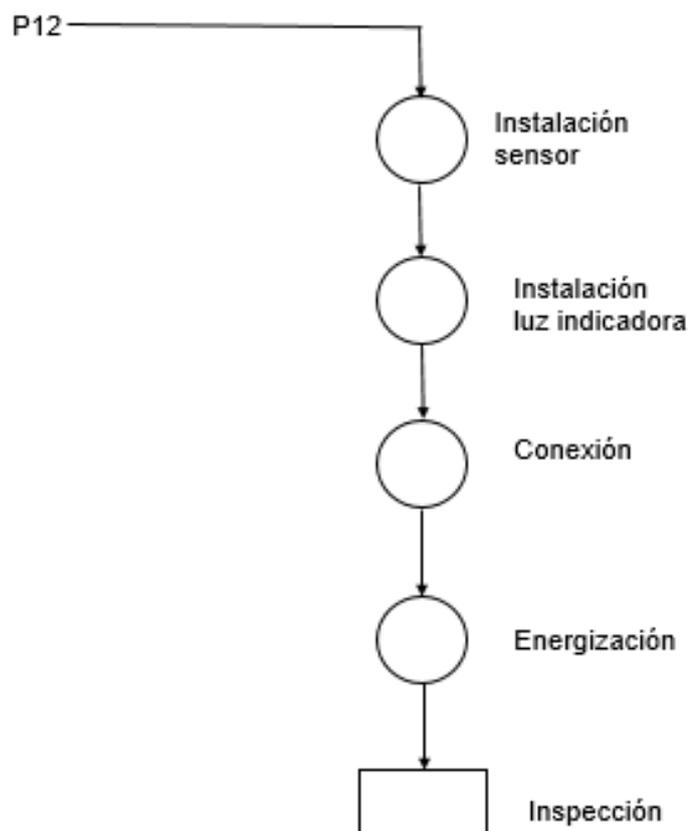


**Tabla 21.**

**Diagrama de proceso de la instalación neumática**

<b>N°</b>	<b>Proceso</b>	<b>Máquina M</b>	<b>Herramienta H</b>	<b>Material Ma</b>
1	Instalación filtro y regulador de presión	M2	H20, H12	
2	Instalación manómetro		H20	
3	Instalación válvula de control	M2	H20	Ma16
4	Instalación distribuidores		H20	
5	Conexión del sistema			Ma28
6	Instalación acople rápido		H20	
7	Inspección y pruebas			

**3.10.12. Diagrama de proceso de la luz de indicación de la reversa**



**Tabla 22.**

**Diagrama de proceso de la luz de indicación de la reversa**

<b>N°</b>	<b>Proceso</b>	<b>Máquina M</b>	<b>Herramienta H</b>	<b>Material Ma</b>
1	Instalación sensor			Ma30
2	Instalación luz indicadora		H21	Ma29, Ma30
3	Conexión del sistema		H21	Ma29
4	Energización			Ma27
5	Inspección y pruebas			

### 3.10.13. Diagrama del proceso completo



### 3.11. Pruebas operacionales

Se detallan las pruebas operacionales que se realizara a la maqueta, la cual será de gran ayuda para obtener conocimientos en la manipulación del equipo.

#### 3.11.1. Objetivo

Documentar las acciones que se realizaran en las pruebas de comprobación y operatividad de la maqueta didáctica del sistema de reversa de un motor CFM56-5A.

#### 3.11.2. Alcance

Comprobar el funcionamiento normal del sistema de reversa de la maqueta.

#### 3.11.3. Pruebas realizadas

Asegurar la correcta operación y funcionamiento de la maqueta didáctica del sistema de reversa del motor CFM56-5A.

**Tabla 23.**

**Pruebas funcionales**

Pruebas funcionales		
Prueba	Funcional	No funcional
Los actuadores de las compuertas tienen movimiento	X	
Las compuertas se abren sin forzarse	X	
No hay bloqueos en las compuertas	X	
Revisión externa de las compuertas	X	

**Tabla 24.**

**Pruebas operacionales**

<b>Pruebas operacionales</b>		
<b>Prueba</b>	<b>Funcional</b>	<b>No funcional</b>
El regulador de presión trabaja correctamente	X	
El manómetro marca la presión real	X	
No hay presencia de fuga en las mangueras	X	
No existen fugas en los actuadores	X	
La reversa actúa correctamente	X	
Las luces de indicación funcionan correctamente	X	

**3.11.4. Conclusiones**

Una vez que se han realizado las pruebas funcionales y operacionales se verificó que la maqueta didáctica del sistema de reversa del motor CFM56-5A responde de manera correcta y eficiente y sus componentes no presentan daño o anomalía alguna.

**3.12. Manual de uso, mantenimiento y hojas de registro**

Los siguientes manuales y las hojas de registros servirán de ayuda en la manipulación, mantenimiento y seguridad, con el fin de optimizar la operación y la vida útil de la maqueta, aprovechando al máximo los fines para la que fue creada; los manuales serán:

**3.12.1. Manual de operación**

En este manual se hace una descripción de los pasos a seguir para operar de forma correcta este sistema.

Las normas de operación y funcionamiento son básicas debido a que la complejidad de operación del sistema de reversa es mínima y se basa en la

operación y accionamiento del motor del avión las cuales se las encuentra en los manuales de mantenimiento del avión Airbus A320.

### **3.12.2. Manual de mantenimiento**

El manual de mantenimiento ayudará a preservar el buen estado de la maqueta evitando su deterioro apresurado, provocado por agentes externos como la humedad, oxido, polvo, entre otros, y daños causados por el uso frecuentes conocido como desgaste normal.

En el manual se dará una descripción de los pasos que se debe seguir para dar un mantenimiento a la maqueta y a sus componentes después de ser utilizada con fines de estudio.

<b>UGT</b> 	<b>MANUAL DE OPERACIÓN</b>	<b>Pág. 1 de 4</b>
	<b>“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA DE LA REVERSA DEL MOTOR CFM56-5A”</b>	<b>Código: UGT – MRV</b>
	<b>Elaborado por:</b> Zumba Ponce Oscar Javier	<b>Revisión Nº: 01</b>
	<b>Aprobado por:</b> Tlg. Maritza Nauñay	<b>Fecha : Mayo 2015</b>
<p><b>1.- OBJETIVO.</b></p> <p>Documentar los procedimientos de utilización de la maqueta de la reversa de un motor CFM56-5A además de dar una guía al usuario para que pueda hacer un uso correcto del mismo y siguiendo las normas de seguridad.</p> <p><b>2.-ALCANCE.</b></p> <p>Está enfocado a los docentes, Técnicos y estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores y Aviones</p> <p><b>3.- PROCEDIMIENTOS.</b></p> <p>3.1 Antes de utilizar esta maqueta didáctica tiene que tener en cuenta todos los equipos de protección personal y utilizar cada uno de ellos.</p> <div style="text-align: center;">  </div>		

3.2 Conectar la fuente de presión neumática al acople rápido ubicado en el soporte, tomar en cuenta que la llave del regulador de presión se encuentre girado totalmente hacia la izquierda.



3.3 Controlar la presión de entrada de aire a la maqueta (50 PSI +/- 10 PSI) con el regulador de presión y guiándonos en el manómetro.



3.4 Accionar el interruptor del sistema eléctrico, posición ON.



3.5 Accionar la válvula de doble efecto para que las compuertas se pongan en posición deploy (abiertas).



3.6 La luz de indicación de color verde se encenderá cuando las compuertas estén en la posición deploy.



3.7 Accionar la válvula hacia el otro lado para que las compuertas regresen a la posición inicial o stow (retracción)



3.8 La luz de indicación roja se apagará cuando las compuertas estén en posición stow.



**Desconexión** si es mediante un compresor asegurarse que no tenga alta presión (aire) aminorándola por completo al momento de desconectarla. Mover la llave del regulador de presión hasta que esté totalmente en cero la presión de entrada.

---

FIRMA DE RESPONSABILIDAD

	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>	Pág. 1 de 4
	<b>“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA DE LA REVERSA DEL MOTOR CFM56-5A”</b>	
<p><b>1. OBJETIVO</b></p> <p>Mantener los componentes de la maqueta didáctica del sistema de reversa tales como mangueras, acoples, válvula, actuadores y las compuertas en condiciones de operación para realizar sus prácticas.</p> <p><b>2. ALCANCE</b></p> <p>El presente documento está dirigido al personal encargado de efectuar el mantenimiento de los equipos del laboratorio de Mecánica Aeronáutica.</p> <p><b>3. MANTENIMIENTO PERIÓDICO</b></p> <p><b>3.1 TRIMESTRAL.</b></p> <p>a) Inspeccionar estado de mangueras, que no presenten roturas, rajaduras o fugas. Siendo el caso remplazar por nuevas que cumplan las especificaciones marcadas en las mismas.</p> 		

- b) Inspeccionar el cable de la señalización de las compuertas y evidenciar que no exista cortes ni daños de ningún tipo.



- c) Verificar las compuertas de la reversa que no tengan ninguna obstrucción para que al momento de retraer y extender no friccionen contra algo.



### 3.3 SEMESTRAL

- a) Verificar las uniones de las mangueras como los acoples y entrada de la línea neumática al compresor para evitar posibles fugas.



### **3.4 ANUAL**

- a) Revisar que los pernos de sujeción estén adecuadamente.
- b) Revisar en la válvula de control que los reguladores de presión (que no estén totalmente abiertos los cuales esforzarían a una mayor velocidad a las compuertas pudiendo producir un daño en las mismas el cual talvez podría ser irreversible.



### **3.5 SERVICIO.**

- Lubricar si es necesario en las partes donde las compuertas hacen el eje de rotación
- Limpiar el contorno, si fue derramado el aceite.



---

FIRMA DE RESPONSABILIDAD

### 3.13. Análisis económico

El presupuesto de este proyecto está dado por cada una de las máquinas, herramientas y materiales utilizados para la construcción e implementación de la maqueta didáctica del sistema de reversa del motor CFM56-5A, tomando en cuenta además rubros como movilización, alimentación, hospedaje.

Para determinar el costo total de la construcción de este proyecto se los dividió en tres clases de rubros los cuales ayudarán a una mejor visualización de los gastos en el proyecto, los rubros a analizarse fueron los siguientes:

- **Costo primario (Maquinaria, Herramientas, equipos)**

**Tabla 25.**

#### **Costos primarios**

<b>N°</b>	<b>Maquina</b>	<b>Detalle</b>	<b>Costo</b>
1	Amoladora	Compra	60.00
2	Taladro	Compra	70.00
3	Soldadora	5 horas	40.00
4	Dobladora	1 hora	10.00
5	Caladora	1 hora	5.00
6	Sierra eléctrica	30 minutos	5.00
7	Compresor	5 horas	20.00
8	Caja de herramientas	Compra	100.00
9	Varios	Compra	80.00
<b>TOTAL</b>			<b>390.00</b>

- **Costo secundario (Materiales)**

**Tabla 26.**

**Costos secundarios**

<b>N°</b>	<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio total</b>
1	Cinta masking tape	3 U	2.50	7.50
2	Silicona líquida	1 U	1.50	1.50
3	Fibra de vidrio	12 m2	3.00	36.00
4	Resina plástica	8 lbs	10.00	80.00
5	Tol de acero inoxidable	½ P	40.00	40.00
6	Tubo cuadrado	2 T	25.00	50.00
7	Perfil angular	2 m	2.00	4.00
8	Platina	2 m	2.00	4.00
9	Varilla	2 m	3.00	6.00
10	Electrodos	1 lb	5.00	10.00
11	Remaches	20 U	0.10	2.00
12	Tornillos	20 U	0.15	3.00
13	Pintura de poliuretano	2 lts	20.00	40.00
14	MDP o aglomerado	1 P	14.00	14.00
15	Fondo gris plomo automotriz	4 lts	7.00	28.00
16	Masilla relleno de pintura poliuretano	2 lts	9.00	18.00
17	Thinner	5 lts	1.50	7.50
18	Pintura esmalte	2 lts	3.00	6.00
19	Cemento de contacto	2 U	1.10	2.20
20	Esponja	1 Tira	0.50	0.50
21	Correas plásticas	1 funda	4.00	4.00
22	Estaño	2 m	0.70	1.40
23	Teflón	1 U	1.40	1.40
24	Microcilindro 20 x 50 mm	4 U	55.00	220.00
25	Racores rectos 1/8 x 8 mm	10 U	1.35	13.50
26	Silenciador regulador de velocidad	2 U	3.00	6.00

CONTINUA



27	Válvula manual 5/2	1 U	55.00	55.00
28	Tubo de poliuretano 8 mm	8 m	1.50	12.00
29	Regulador de presión 1/8	1 U	48.00	48.00
30	Distribuidores 3 tomas 1/4	2 U	8.50	17.00
31	Racores hembra ¼	2 U	2.50	5.00
32	Racor codo 1/8	1 U	1.60	1.60
33	Tubo de poliuretano 6 mm	2 m	0.70	1.40
34	Transporte y alimentación		200.00	200.00
35	Impresiones		50.00	50.00
36	Empastados y anillados		40.00	40.00
37	Varios		20.00	20.00
<b>TOTAL</b>				<b>1056.50</b>

- **Costo terciario (Mano de obra)**

**Tabla 27.**

**Costos Terciarios**

<b>N°</b>	<b>Detalle</b>	<b>Costo</b>
1	Torno	50.00
2	Pintor	40.00
<b>TOTAL</b>		<b>90.00</b>

- **Costo total.**

**Tabla 28.**

**Costo total**

<b>N°</b>	<b>Detalle</b>	<b>Costo</b>
1	Costo primario	390.00
2	Costo secundario	1056.50
3	Costo terciario	90.00
<b>TOTAL</b>		<b>1536.50</b>

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.2. Conclusiones**

- Se ha implementado una maqueta didáctica de la reversa del motor CFM56-5A en la Unidad de Gestiones de Tecnologías, basándose para su construcción en la información obtenida de la investigación.
- Se recopiló la información desde la página oficial de CFM, además del Manual de instrucciones de la tripulación de vuelo, motor la cual fue necesaria para la construcción de la maqueta didáctica del sistema de reversa del motor CFM56-5A.
- Se analizó y seleccionó los materiales, que permitan satisfacer las necesidades de los usuarios de la unidad, tomando como mejor opción la mayoría de la construcción con fibra de vidrio por su maleabilidad.
- Se realizaron pruebas de operación y funcionamiento en la maqueta para que no exista ninguna anomalía, encontrando la maqueta didáctica operativa.

#### **4.3. Recomendaciones**

- Revisar la información y realizar el procedimiento mencionado en los manuales antes de operar la maqueta del sistema de reversa.
- Tener especial cuidado cuando el sistema esté operando para no causar lesiones graves al personal que este practicando en este material didáctico ya que puede haber atrapamiento.
- Realizar el mantenimiento adecuado antes de cada práctica como se indica en los manuales.
- Dar a conocer al personal que realiza trabajos en los laboratorios de la Carrera de Mecánica Aeronáutica sobre la disponibilidad de la maqueta del sistema de reversa.

## GLOSARIO

**Aeronave.-** toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.

**Hidráulica.-** Parte de la mecánica que estudia el equilibrio y movimiento de los fluidos.

**Neumática.-** Parte de la mecánica que estudia el uso de fluidos compresibles, como el aire para el accionamiento de sistemas.

**Actuador.-** Elemento que permite transformar energía neumática, hidráulica o eléctrica en la activación de un proceso.

**Propulsión:** La propulsión es el movimiento generado a partir de una fuerza que da impulso.

**Turbo fan:** Se puede traducir como turbosoplante o turboventilador es una generación de motores a reacción que reemplazó a los turborreactores.

**Esfuerzo:** Es el empleo de elementos necesarios para conseguir algún fin

**Ductilidad:** Capacidad de un metal para ser extendido, estirado o formado sin romperse.

**Dureza:** Capacidad del material para resistir indentación, penetración y rayado. El calor de la soldadura puede cambiar la dureza de un metal

**Bypass:** Se define como la relación entre el caudal másico de aire que pasa por fuera del núcleo del motor (aire no quemado), con respecto al caudal másico que pasa por el núcleo (aire quemado).

**Racor:** Componente metálico con alma de poliuretano que nos permite unir las mangueras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Billiet, W. (1993). Motores: mantenimiento y reparación. Barcelona: Retzverté.
- Cuesta, M. (2003). Motores de reacción. España: Paraninfo.
- Díez, V. S. (2007). El motor de reacción y sus motores auxiliares. España: Paraninfo.
- Gato, F. (2011). Sistemas de aeronaves de turbinas. Alicante: Club Universitario.
- Oñate, E. (1994). Aerodinámica Práctica. Madrid: Paraninfo.
- [www.manualvuelo.com](http://www.manualvuelo.com) [Citado el 4 de julio de 2014]
- [www.aeroescalas.com](http://www.aeroescalas.com) [Citado el 4 de julio de 2014]
- [www.foroaviones.com](http://www.foroaviones.com) [Citado el 10 de julio de 2014]
- [www.piloto-privado.es](http://www.piloto-privado.es)[Citado el 15 de julio de 2014]
- [www.engineerdir.com](http://www.engineerdir.com) [Citado el 3 de agosto de 2014]
- [www.cfmaeroengines.com](http://www.cfmaeroengines.com) [Citado el 9 de agosto de 2014]
- [Foros.aviacol.net](http://Foros.aviacol.net) [Citado el 20 de agosto de 2014]
- Safran – Aeronaves militares [Citado el 12 de abril de 2015]
- [aviationcorner.net](http://aviationcorner.net) [Citado el 18 de abril de 2015]

**ANEXOS**